Suivi d'une expérience d'élevage de homards (*Homarus americanus*) de taille commerciale en milieu lagunaire aux Iles-de-la-Madeleine, Québec, en 1982.

Marc Gagnon, Pierre Fradette et Pierre Béland

Direction de la recherche sur les pêches
Ministère des pêches et des Océans
Centre de recherche en écologie des pêches
310, av. des Ursulines
Rimouski (Quebec) G5L 3A1

Juin 1984

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques No 1286

84- 4186 /

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Ces rapports contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution importante aux connaissances actuelles mais qui, pour une raison ou pour une autre, ne semblent pas appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Il n'y a aucune restriction quant au sujet, de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du Ministère des Pêches et des Océans, notamment gestion des pêches, techniques et développement, sciences océaniques et environnements aquatiques, au Canada.

Les Rapports techniques peuvent être considérés comme des publications complètes. Le titre exact paraîtra au haut du résumé de chaque rapport, qui sera publié dans la revue *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* et qui figurera dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1-456 de cette série ont été publiés à titre de Rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457-714, à titre de Rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715-924 ont été publiés à titre de Rapports techniques du Service des pêches et de la mer, Ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom de la série a été modifié à partir du numéro 925.

La page couverture porte le nom de l'établissement auteur où l'on peut se procurer les rapports sous couverture cartonnée.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

These reports contain scientific and technical information that represents an important contribution to existing knowledge but which for some reason may not be appropriate for primary scientific (i.e. *Journal*) publication. Technical Reports are directed primarily towards a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries management, technology and development, ocean sciences, and aquatic environments relevant to Canada.

Technical Reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report will be abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and will be indexed annually in the Department's index to scientific and technical publications.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Details on the availability of Technical Reports in hard copy may be obtained from the issuing establishment indicated on the front cover.

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques No. 1286

1984

SUIVI D'UNE EXPERIENCE D'ELEVAGE DE HOMARDS (HOMARUS AMERICANUS) DE TAILLE COMMERCIALE EN MILIEU LAGUNAIRE AUX ILES-DE-LA-MADELEINE, QUEBEC, EN 1982

Marc Gagnon[1], Pierre Fradette[1,2] et Pierre Béland

Direction de la recherche sur les pêches
Ministère des Pêches et des Océans
Centre de recherche en écologie des pêches
310, av. des Ursulines
RIMOUSKI (Québec)
G5L 3A1

[1] Bio-Conseil Inc., 105 Côte-de-la-Montagne, Suite 501, Québec
[2] Adresse actuelle: Les Crustacés Vivants Madelinots Inc., C.P. 182, Cap-aux-Meules

Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1984
No de catalogue Fs 97-4/1286 F ISSN0706-6570

On devra référer comme suit à cette publication:

Gagnon, M., P. Fradette et P. Béland. 1984. Suivi d'une expérience d'élevage de homards (Homarus americanus) de taille commerciale en milieu lagunaire aux Îles-de-la-Madeleine, Québec, en 1982. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1286: xi + 94 p.

TABLE DES MATIÈRES

Page

LISTE DES TABLEAUX v
LISTE DES FIGURES vii
RÉSUMÉ-ABSTRACT x
PRÉFACE xi
INTRODUCTION 1

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Description du système d'élevage
   1.1 Modules 1
   1.2 Paniers 1
   1.3 Radeau 5
2. Site d'élevage 5
3. Mise en élevage 6
4. Entretien et nourrissage 6
5. Mesures biologiques et physico-chimiques
   5.1 Mesure du poids et de la taille des homards 6
   5.2 Détermination de la concentration de protéines dans l'hémolymphe 16
   5.3 Détection de la maladie de la gaffkémie 16
   5.4 Mesures physico-chimiques 16

RÉSULTATS - 1re PARTIE - SUIVI BIOLOGIQUE DE L'ÉLEVAGE

1. Évolution des conditions physico-chimiques dans le milieu d'élevage
   1.1 Température 17
   1.2 Salinité 17
   1.3 Courants 17
   1.4 Oxygène dissous 17
2. Mortalité et autres pertes 17
   2.1 Mortalité 17
   2.2 État de santé 26
   2.3 Maladie de la gaffkémie 26
   2.4 Causes de l'épidémie de gaffkémie 29
   2.5 Autres causes de mortalité 29
   2.6 Autres causes de pertes 36
3. Mue 41
4. Apports naturels de nourriture 41

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Page

RÉSULTATS - 2e PARTIE - EXPÉRIENCES POUR DÉTERMINER LES CONDITIONS OPTIMALES D'ÉLEVAGE

A. Facteurs étudiés et traitements statistiques 44
B. Effets des différents facteurs sur la survie, la croissance et la qualité du homard
1. Facteurs indépendants des traitements
1.1 Taille initiale 49
1.2 Date de mue 49
1.3 Sexe 55
1.4 Origine 55
2. Facteurs reliés aux traitements 55
2.1 Surface des casiers 60
2.2 Type de nourriture 60
2.3 Quantité de nourriture 60
2.4 Immobilisation des pinces 60
2.5 Isolation des homards 64
2.6 Autres facteurs 64

DISCUSSION 64

Rendement global en poids 67
Qualité du homard 70
Aspects économiques 71

RECOMMANDATIONS 71
REMERCIEMENTS 74
BIBLIOGRAPHIE 74

ANNEXE 1: Évolution du taux journalier de mortalité et de mue pour chacun des modules d'élevage 79
ANNEXE 2: Enregistrements obtenus à l'aide du courantomètre du 19 août au 23 octobre 1982 91

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau 1: Nombre, provenance et sexe du homard mis en élevage dans la lagune du Havre-aux-Maisons du 15 mai au 3 juillet 1982 12

Tableau 2: Composition des rations données par homard à chacune des visites au cours de la saison d'élevage 14

Tableau 3: Composition des divers ingrédients utilisés pour fabriquer des boulettes de nourriture 15

Tableau 4: Évolution du pourcentage de femelles avec un abdomen noir dans l'élevage 30

Tableau 5: Résultats des tests détectant la présence de la gaffkémie dans l'élevage 32

Tableau 6: Température moyenne et concentration moyenne en oxygène dissous à l'extérieur et à l'intérieur du module expérimental le 30 août 1982 37

Tableau 7: Résultats de l'analyse du contenu stomacal de homards morts dans l'élevage 46

Tableau 8: Description des différents traitements testés et caractéristiques initiales des homards soumis à chacun des traitements 47

Tableau 9: Description des conditions expérimentales standards 48

Tableau 10: Définition des paramètres utilisés pour comparer les traitements 50

Tableau 11: Équations décrivant la relation entre la longueur de la carapace et le poids des homards mâles et femelles provenant des Iles-de-la-Madeleine et de l'Ile-du-Prince-Edouard 51

Tableau 12: Évolution de la qualité du homard à la fin de l'élevage en fonction de la date de mue 56

Tableau 13: Résultats des expériences faisant varier l'origine du homard 58

Tableau 14: Rendement global en poids calculé pour les différents traitements auxquels ont été soumis les homards, du 17 août au 15 décembre 59

Tableau 15: Résultats des expériences faisant varier la surface des casiers 61

LISTE DES TABLEAUX (suite)

Page

Tableau 16: Résultats des expériences faisant varier le type de nourriture donné au homard .. 62

Tableau 17: Résultats des expériences faisant varier la quantité de boulettes préfabriquées données au homard 63

Tableau 18: Résultats de l'expérience sur l'immobilisation des pinces avec des élastiques 65

Tableau 19: Résultats de l'expérience sur l'isolation des homards dans les casiers par des cadres de bois 66

LISTE DES FIGURES

Page

Figure 1: Représentation schématique des modules utilisés pour immerger le homard dans la lagune du Havre-aux-Maisons en 1982 2

Figure 2: Représentation schématique des paniers utilisés pour maintenir le homard en captivité dans la lagune du Havre-aux-Maisons; le panier est non aménagé 3

Figure 3: Évolution du pourcentage des modules ayant été ré-aménagés en fonction de la date 4

Figure 4: Demi-colonnes de paniers tels qu'ils étaient aménagés au cours des premiers mois d'élevage 6

Figure 5: Illustration de panier ré-aménagés à l'aide de cadres de bois et d'un grillage sur le fond 7

Figure 6a: Représentation schématique de l'unité flottante utilisée pour manipuler les modules 8

Figure 6b: L'unité flottante et son aménagement intérieur: en bas, deux modules sont à moitié immergés 9

Figure 7: Lagune du Havre-aux-Maisons et position des sites d'élevage 10

Figure 8: Calendrier des visites pour chacun des modules 13

Figure 9: Évolution de la température de l'eau au site d'élevage au cours de la saison 1982 18

Figure 10: Évolution journalière de la température de l'air à Cap-aux-Meules au cours de la saison 1982 19

Figure 11: Évolution journalière de la salinité moyenne au site d'élevage au cours de la saison 1982 20

Figure 12: Évolution à court terme de la salinité au site d'élevage au cours de la saison 1892 21

Figure 13: Évolution de la vitesse des courants au site d'élevage au cours de la saison 1982 22

Figure 14: Évolution journalière de la vitesse maximale du vent et de sa direction à Cap-aux-Meules au cours de la saison 1982 23

LISTE DES FIGURES (suite)

Page

Figure 15: Évolution de la concentration en oxygène dissous à 1.5 m de la surface, au site d'élevage au cours de la saison 1982 24

Figure 16: Évolution du nombre de homards en élevage dans la lagune du Havre-aux-Maisons au cours de la saison 1982 25

Figure 17: Évolution du taux journalier de mortalité pour les homards provenant des Îles-de-la-Madeleine et de l'Île-du-Prince-Édouard au cours de la saison 1982 27

Figure 18: Évolution du pourcentage de homards blessés, du nombre moyen de blessures cicatrisées par individu, du pourcentage de homards ayant au moins une blessure non cicatrisée, et du pourcentage d'individus avec un membre ou plus en regénération, en fonction du nombre de semaines depuis le début de l'élevage 28

Figure 19: Évolution de la concentration de protéines dans l'hémolymphe des homards provenant des Îles-de-la-Madeleine et de l'Île-du-Prince-Édouard au cours de la saison d'élevage 31

Figure 20: Temps à la mort de homards contaminés par la bactérie A. viridans en fonction de la température constante de l'eau dans laquelle ils étaient captifs 34

Figure 21: Date estimée de la mort de homards atteints de gaffkémie en fonction de la date de contamination, dans les conditions de température observées au site d'élevage en 1982 35

Figure 22: Évolution de la température de l'eau et de la vitesse des courants en dehors des modules ainsi que de la température de l'eau, de la concentration en oxygène dissous et de la concentration en ammoniaque dans un casier situé au centre d'un module, les 6 et 7 septembre 1982 38

Figure 23: Évolution de la température de l'eau, de la concentration en oxygène dissous et de la concentration en ammoniaque dans un casier situé au centre d'un module ainsi que de la vitesse des courants dans l'aire d'élevage, du 30 septembre au 1er octobre 1982 39

Figure 24: Évolution de la température de l'eau et de la vitesse des courants en dehors des modules ainsi que de la température de l'eau, de la concentration en oxygène dissous et en ammoniaque dans un panier situé au centre d'un module, du 14 au 15 octobre 1982 40

LISTE DES FIGURES (suite)

Page

Figure 25: Évolution du taux journalier de mue pour les homards des Îles-de-la-Madeleine et de l'Île-du-Prince-Édouard au cours de la saison d'élevage 42

Figure 26: Évolution au cours de la saison 1982 du nombre estimé de homards ayant mué et encore vivants dans l'élevage 43

Figure 27: Évolution de l'abondance moyenne de moules fixées entre deux échantillonnages, sur des casiers occupés par un homard et des casiers vides au cours de la saison d'élevage 45

Figure 28: Relation entre le pourcentage de gain en longueur à la mue et la longueur pré-exuviale du céphalothorax pour les mâles (a) et les femelles (b) des Îles-de-la-Madeleine, et les femelles de l'Île-du-Prince-Édouard (c) 52

Figure 29: Relation entre le pourcentage de gain en longueur à la mue et la date de mue pour les homards femelles des Îles-de-la-Madeleine 53

Figure 30: Relation entre la différence entre le gain en longueur attendu et celui observé et la date de mue pour les homards femelles des Îles-de-la-Madeleine 54

Figure 31: Évolution du taux journalier de mue dans le module expérimental au cours de la saison pour les homards mâles et femelles des Îles-de-la-Madeleine 57

RÉSUMÉ

Gagnon, M., P. Fradette et P. Béland. 1984. Suivi d'une expérience d'élevage de homards (Homarus americanus) de taille commerciale en milieu lagunaire aux Îles-de-la-Madeleine, Québec, en 1982. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1286: xi + 94 p.

En mai et juin 1982, environ 64 000 homards mâles et femelles de taille commerciale ont été placés dans des enclos tridimensionnels dans la lagune du Havre-aux-Maisons, Îles-de-la-Madeleine, Québec, et ont été gardés en captivité dans des compartiments individuels jusqu'à la fin de l'automne. Une épidémie de gaffkémie qui s'est déclarée à la fin du mois de juillet pour se poursuivre jusqu'à la mi-septembre, a décimé 62% du stock. L'épidémie est attribuable au fait que le système d'élevage et le suivi des homards au début de l'été étaient inadéquats. Les conditions de captivité ont été améliorées progressivement au cours de l'été. Un pourcentage relativement élevé (70%) des homards qui ont survécu ont mué. La mue a eu lieu en deux périodes distinctes séparées par une période de forte mortalité (gaffkémie) coïncidant avec des températures de l'eau maximales (18 à 20°C) et une circulation minimale dans la lagune. Seule une très faible proportion des homards ont mué deux fois entre juin et décembre. Des expériences ont été réalisées à partir du mois d'août dans le but d'évaluer les effets de la surface des casiers individuels, du type et de la quantité de nourriture et d'autres conditions de captivité sur la survie, la croissance et la qualité de la chair du homard. Les résultats sont peu concluants en raison de la date tardive du début des expériences et de la forte mortalité due à l'infection par la gaffkémie avant le début des expériences. L'accroissement de la taille à la mue a été en moyenne inférieur de 55% à ce qu'on observe en nature et n'a pas dépassé 8,5% dans les meilleures conditions testées. Cependant, le gain moyen en poids des mâles a été comparable à ce qu'on observait en nature pour un même gain en longueur. La qualité de la chair dépend essentiellement du nombre de jours écoulés depuis la mue et n'était acceptable qu'environ 8 à 10 semaines après la mue.

ABSTRACT

Gagnon, M., P. Fradette et P. Béland. 1984. Suivi d'une expérience d'élevage de homards (Homarus americanus) de taille commerciale en milieu lagunaire aux Îles-de-la-Madeleine, Québec, en 1982. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1286: xi + 94 p.

In May and July 1982, about 64 000 male and female lobsters of commercial size were placed in tri-dimensional holding systems in Havre-aux-Maisons lagoon, Magdalen Islands, Québec, and were kept captive in individual containers until late autumn. An outbreak of gaffkemia disease from late July through mid-September decimated 62% of the srock. The outbreak was caused by inadequate holding conditions and care in the first weeks of captivity. The system and methods were progressively improved during the summer months. A relatively high percentage (70%) of the surviving lobsters molted. Molt occured during two distinct periods separated by a period of high mortality (gaffkemia) during maximum water temperatures (18-20°C) and minimum water circulation in the lagoon. Only a small fraction of the stock molted twice (between June and December). In August, experiments were started in order to study the effects of individual container size, type and amount of food, and other holding conditions on survival, growth and meat quality of the lobsters. The results are inconclusive because of the late initiation of the experiments and the high mortality caused by gaffkemia infection before the experiments. Mean length increment at molt was 55% lower than values observed in nature and did not exceed 8,5% for the best conditions tested. However, for males achieving a given length increment, the gain in weight was comparable to natural populations. Meat quality depends primarily on time since molting and was acceptable from the 8th-10th week post-molt onwards.

PRÉFACE

La présente puolication est tirée du rapport (Gagnon et Fradette, 1983) d'une étude réalisée conjointement par les firmes Bio-Conseil Inc. et les Crustacés Vivants Madelinots Inc., à la suite de l'allocation du contrat 1SZ82-00057 par le ministère des Approvisionnements et Services du Canada. Les membres de l'équipe de travail étaient comme suit.

Direction de l'élevage: Paul Hubert, président et Elphège Arsenault, vice-président, Les Crustacés Vivants Madelinots Inc.; Direction de la recherche: Marc Gagnon et Pierre Fradette, biologistes, Bio-Conseil Inc.; Autorité scientifique: Pierre Béland, chef, Centre de recherche en écologie des pêches, Ministère des Pêches et des Océans, Rimouski; Assistants de recherche: Carole Cyr et Lucie D'Amours, Biologistes et Carmen Turbide, diététistes, Bio-Conseil Inc.; Aides techniques: Cirice Noël, Denis Arseneau, Jean-Guy Arseneau, Denis Aucoin, Martin Chevarie, Denis Chiasson, Jean-Guy Hubert, Réal Noël et Claude Turbide, Les Crustacés Vivants Madelinots Inc.

INTRODUCTION

Au début d'une première saison d'opération, en mai et juin 1982, les Crustacés Vivants Madelinots inc. ont introduit dans des enclos tri-dimensionnels, dans la lagune du Havre-aux-Maisons, Îles-de-la-Madeleine, environ 64 000 homards de taille commerciale dans le but d'en faire le grossissement jusqu'à la fin de l'automne. L'approche adoptée consistait à profiter des conditions exceptionnelles qu'offrent les lagunes des Îles-de-la-Madeleine pour la croissance du homard. En effet, les lagunes sont protégées du brassage intensif causé par les tempêtes et leurs eaux atteignent une température de 20°C en été. Munro et Therriault (1981) ont démontré que les petits homards de taille commerciale habitant les lagunes pouvaient muer deux fois par année.

On a confié à Bio-Conseil inc. le suivi biologique de l'élevage et la poursuite d'expériences visant à déterminer les conditions optimales d'élevage. Le premier objectif était de suivre l'évolution de la mortalité, des blessures, de la maladie, de la mue et de la concentration en protéines dans le sang pour l'ensemble des homards au cours de toute la saison d'élevage. Des expériences, commencées pour la plupart en août, ont été réalisées sur un total d'environ 1 500 homards. Elles voulaient mesurer les effets du type et de la quantité de nourriture, de la surface des casiers et de certaines modifications de la méthode d'élevage faites au cours de la saison, sur la survie, le taux de mue, la croissance et la qualité du homard. Dans le présent rapport, nous présentons une description du système d'élevage, les résultats du suivi biologique et des expériences, ainsi qu'une série de recommandations visant à améliorer ce type d'élevage et à orienter la recherche future.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Description du système d'élevage

1.1 Modules

Les Crustacés Vivants Madelinots inc. ont fait construire pour l'élevage 38 modules indépendants servant à retenir sur les fonds lagunaires des paniers contenant plusieurs homards. Chaque module est une armature d'acier formant deux cages séparées par un espace libre dans la section centrale. Le dessus des cages est couvert d'un treillis métallique s'ouvrant vers le centre du module (Fig. 1). Chaque cage peut contenir dix colonnes de seize paniers, pour un grand total de 12,160 paniers.

Aucun système d'ancrage n'a été utilisé, le poids du module étant suffisant pour contrer la force des courants. Une bouée de surface tenue par un câble de nylon de 4 m est fixée au câble d'acier de 6 m qui sert à hisser le module.

1.2 Paniers

Les paniers retenus dans les modules sont constitués de polypropylène de couleur vert foncé. Un schéma du panier non-aménagé est donné à la Fig. 2. Les paniers sont conçus de façon à ce qu'ils s'empilent solidement tout en préservant leur contenu. Dans les modules, les paniers sont empilés par colonnes de 16.

L'aménagement des paniers a subi plusieurs modifications au cours de la saison (Fig. 3), principalement dans le but de réduire les chances de blessures et d'évasion des homards. Au début des opérations, les paniers étaient divisés en six ou huit compartiments d'environ 0,06 et 0,04 m^2 à l'aide de cloisons de polypropylène fixées aux parois

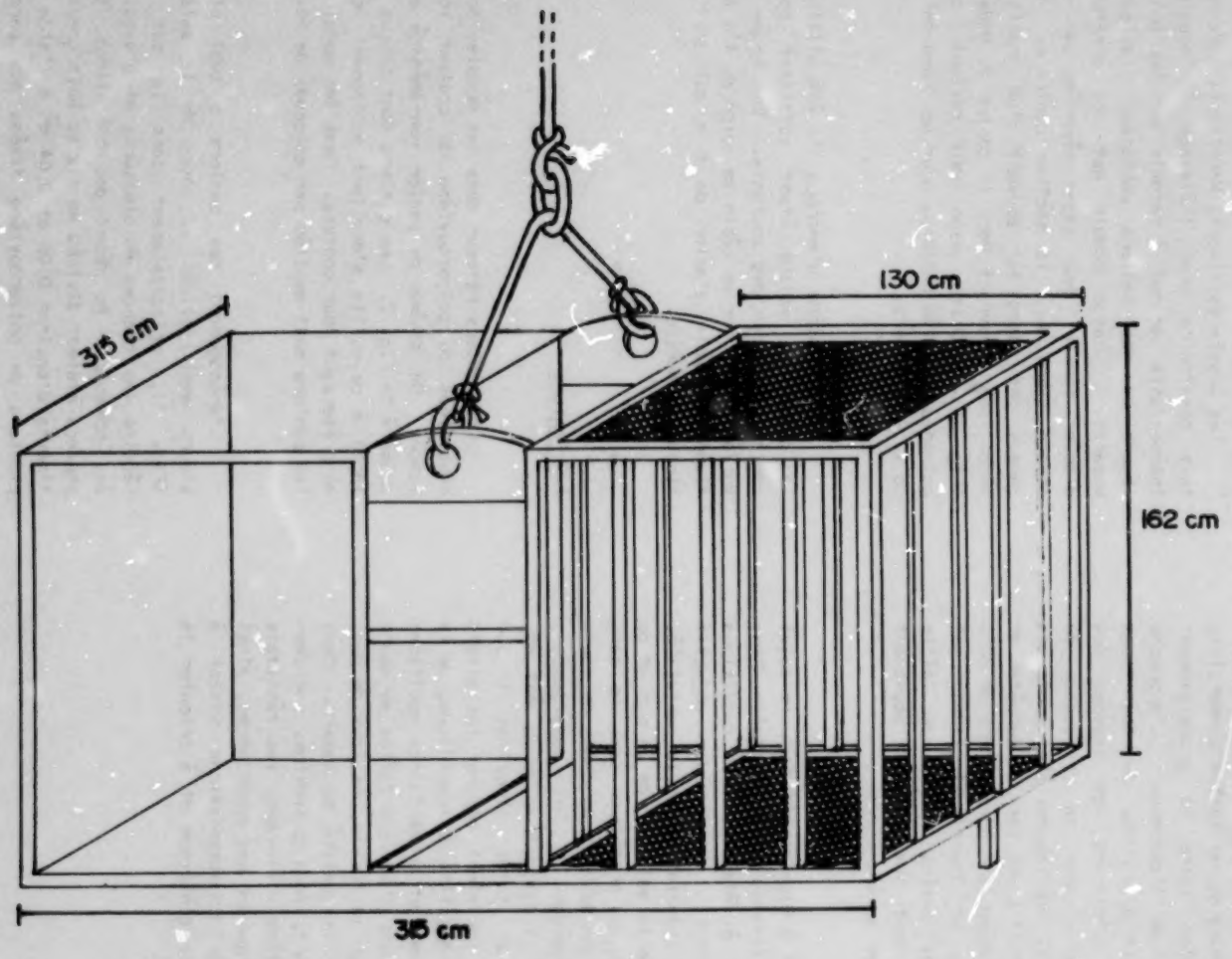


Fig. 1: Représentation schématique des modules utilisés pour immerger le homard dans la lagune du Havre-aux-Maisons en 1982.

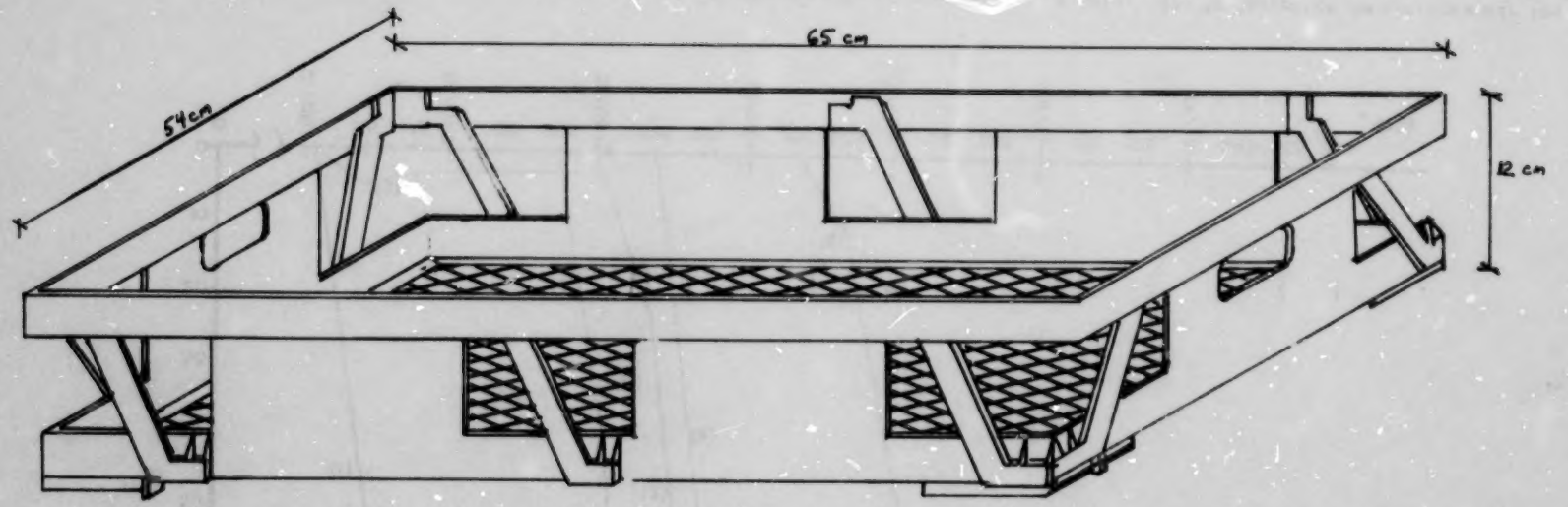


Figure 2: Représentation schématique des paniers utilisés pour maintenir le homard en captivité dans la lagune du Havre-aux-Maisons; le panier est non aménagé.

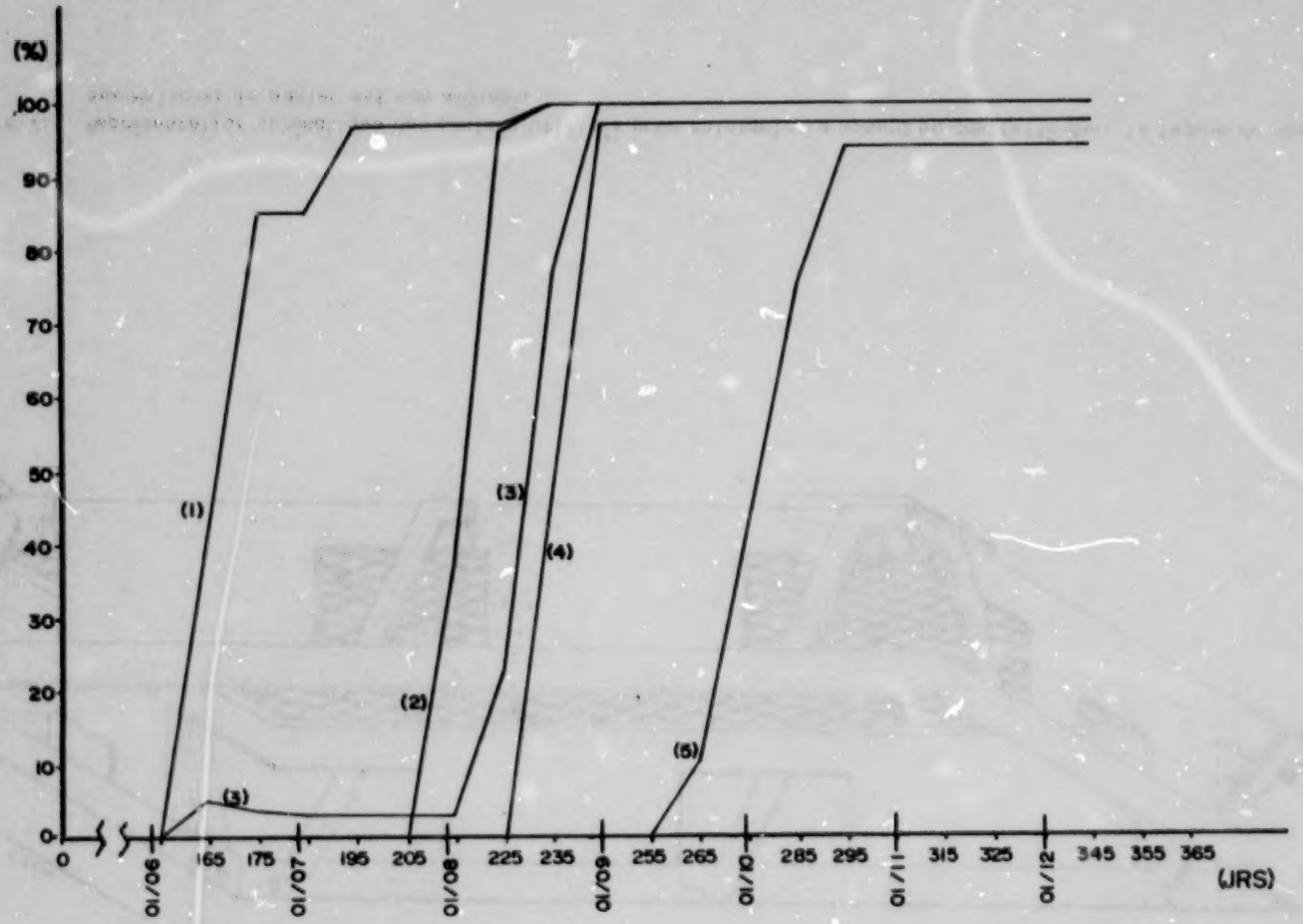


Figure 3: Évolution du pourcentage des modules ayant été ré-aménagés en fonction de la date. (1) installation de ciolsons sur les parois verticales internes des casiers; (2) installation des courroies sur les colonnes de paniers; (3) immobilisation des pinces avec des élastiques; (4) paniers vides intercalés entre les paniers pleins; et (5) isolation des casiers à l'aide de cadres de bois et d'un grillage sur le fond.

par des fils métalliques. Les ouvertures dans les coins étant beaucoup trop grandes, de petites bandelettes de polypropylène d'un pouce de largeur ont été attachées en travers de celles-ci (Fig. 4). Les paniers étaient attachés par groupe de huit (une demi-colonne) à l'aide d'une corde de nylon. Le retrait ou l'introduction des paniers dans les modules se faisait manuellement et, pour les retraits des demi-colonnes inférieures, le module devait être à moitié sorti de l'eau.

La modification suivante a consisté à mieux colmater les ouvertures dans les paniers en tapissant les parois verticales internes à l'aide de cloisons en polypropylène. À partir du 24 juillet, des ceintures plus solides retenant toute la colonne de 16 paniers ont été installées et ont grandement facilité la manipulation tout en permettant au module de rester immergé en tout temps. La troisième modification a consisté à immobiliser les pinces des homards à l'aide d'élastiques. Au milieu du mois d'août, des paniers vides ont été intercalés entre les paniers pleins dans les colonnes. Enfin, à partir du 13 septembre, des cadres mono-pièce en bois délimitant quatre compartiments d'environ 0,08 m^2 ont été installés en même temps qu'un fin grillage en polypropylène sur le fond (Fig. 5).

1.3 Radeau

Un schéma du radeau couvert construit spécifiquement pour les fins de l'élevage est donné à la Fig. 6a. Ce radeau a été conçu pour mouiller, retirer du fond et déplacer les modules, manipuler les colonnes de paniers et procéder aux diverses opérations d'entretien. Le radeau est muni d'un treuil hydraulique au plancher pour hisser les modules et d'un treuil électrique sur rail au plafond pour retirer les colonnes de paniers des modules (Fig. 6b). Les treuils sont alimentés par une génératrice installée à bord. Deux ouvertures dans le plancher permettent de travailler sur deux modules à la fois. Le radeau était toué par une embarcation de 3,6 m muni d'un puissant moteur de quatre cylindres.

2. Site d'élevage

Les modules ont été mouillés sur le fond de la lagune du Havre-aux-Maisons (Fig. 7). Cette lagune qui s'étend de l'Île du Cap-aux-Meules au pont du Détroit a huit milles de long par deux milles de large. Elle communique avec la mer par le chenal du pont de Havre-aux-Maisons dont la profondeur en 1974 allait de 8 à 9 m sur une longueur de 75 m. La communication au pont du Détroit avec la lagune de Grande-Entrée a une largeur de 60 m et une profondeur maximale atteignant, en 1974, 7,5 m. Le bassin central est allongé en direction N-35°-E et atteint une profondeur de 6 m (3 brasses). Les fonds lagunaires sont constitués en grande partie de sable de grosseur moyenne à fine (0,355 - 0,125 mm). Selon Tiphane (1976) et Auclair (1977), l'eau des lagunes est légèrement plus chaude et plus salée que l'eau de l'extérieur en juillet et août. La mince couche d'eau subit rapidement les effets des variations atmosphériques; ainsi l'ensoleillement réchauffe la surface et le vent transfère cette chaleur par turbulence de sorte que l'eau est très homogène sur le plan vertical.

Au début de la saison, les premiers modules mis en opération ont été disposés dans la partie la plus profonde de la lagune de Havre-aux-Maisons (Fig. 7). Le va-et-vient entre ce site et le quai de Havre-aux-Maisons de même que la nécessité d'attendre la marée haute pour passer à l'est de l'Île Rouge occasionnaient une grande perte de temps. Du 7 au 12 juin, les dix (10) premiers modules en opération furent déménagés au deuxième site d'élevage et tous les autres modules mis en opération par la suite ont été disposés à cet endroit abrité des vents dominants du sud-ouest. La profondeur au site d'élevage variait entre 3 et 4 m. Au début de décembre, alors que la baie du Cap-Vert commençait à se couvrir de glace, les modules étaient déplacés

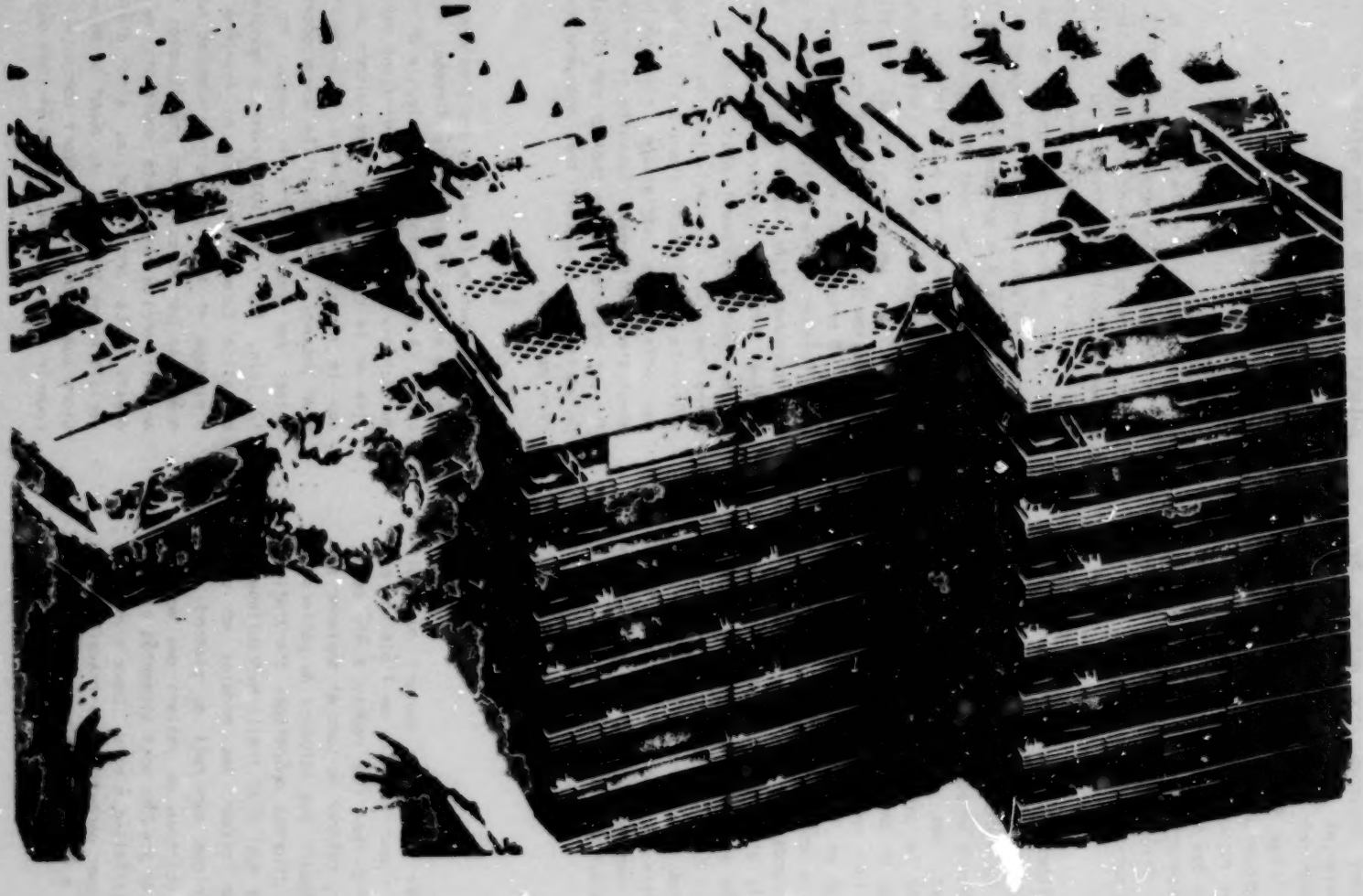


Figure 4: Demi-colonnes de paniers tels qu'ils étaient aménagés au cours des premiers mois d'élevage.

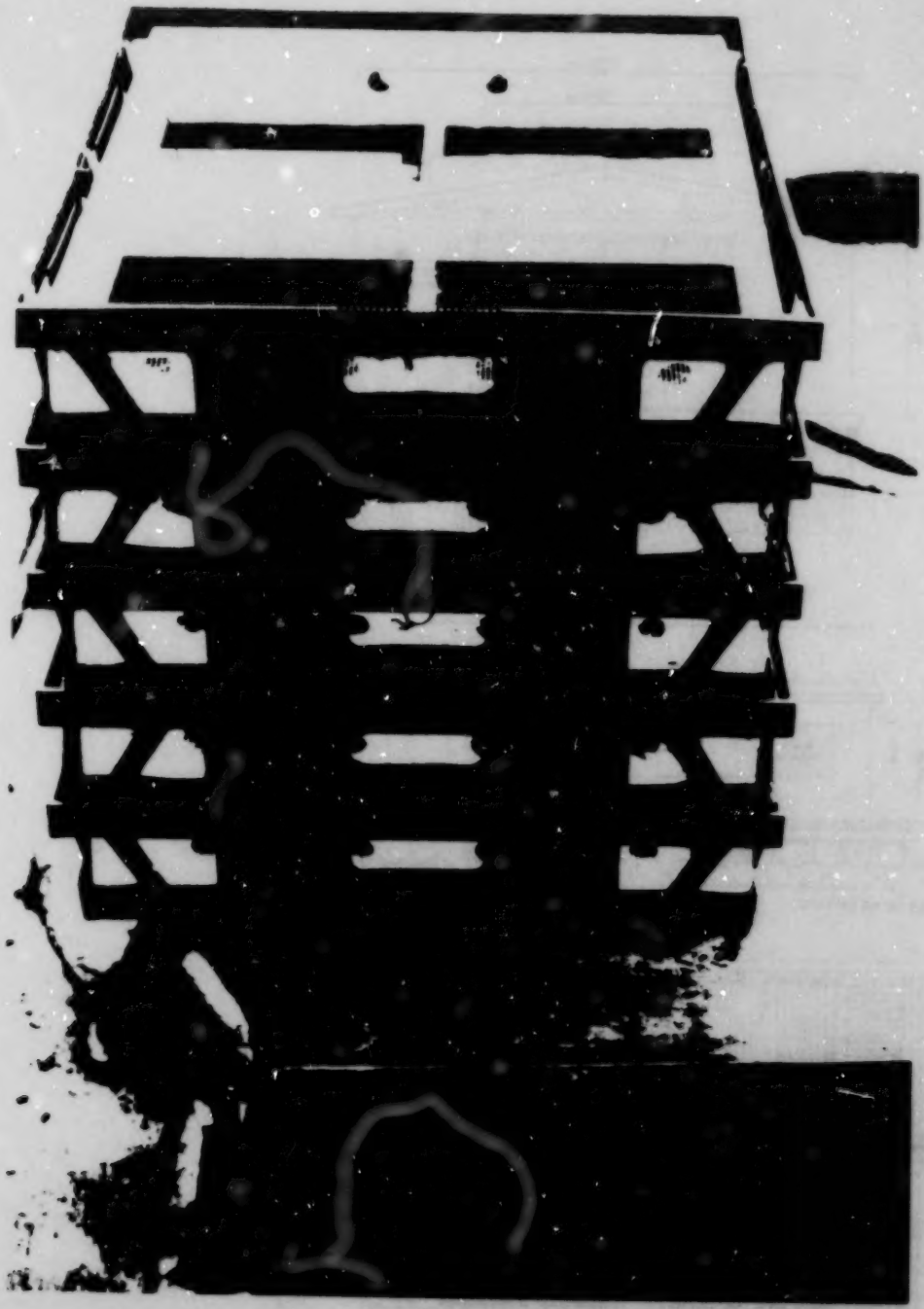


Figure 5: Illustration de paniers ré-aménagés à l'aide de cadres de bois et d'un grillage sur le fond.

B

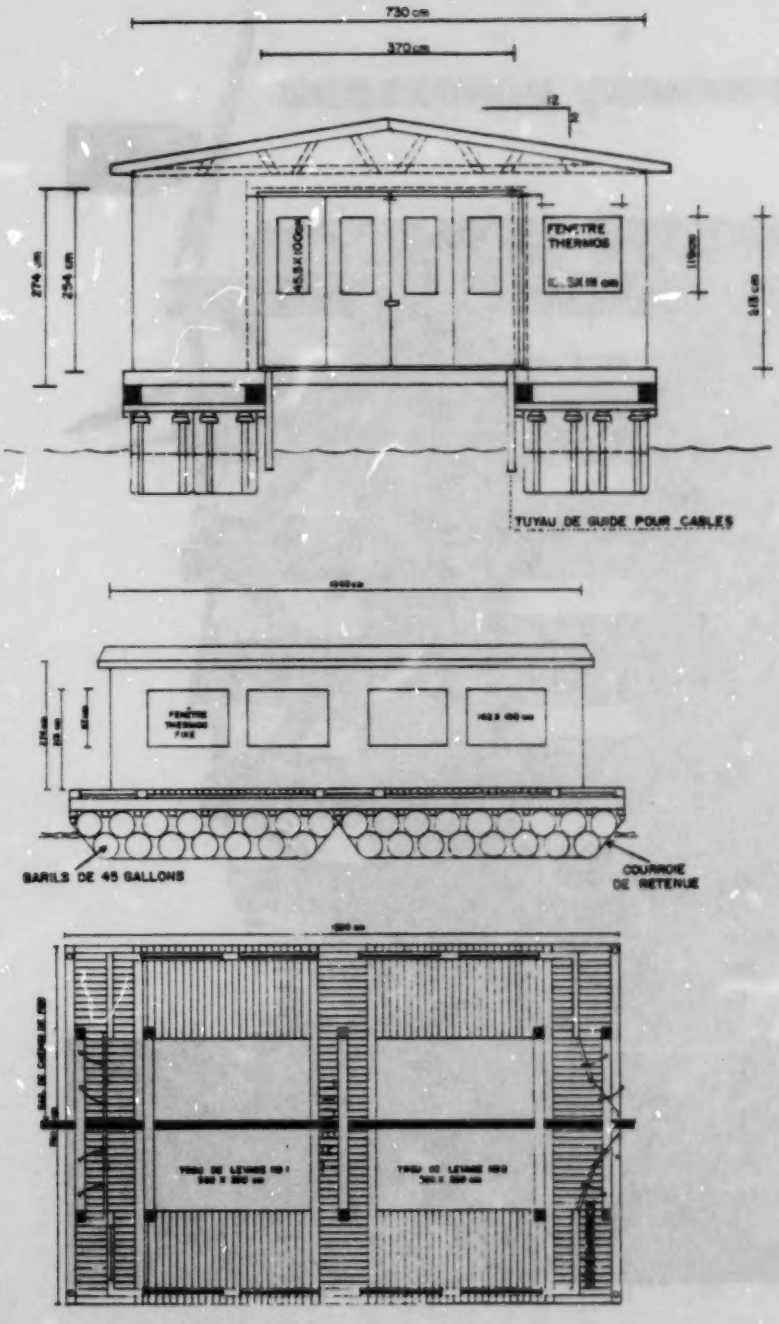


Figure 6a: Représentation schématique de l'unité flottante utilisée pour manipuler les modules. A) façade; B) côté; et C) plancher.

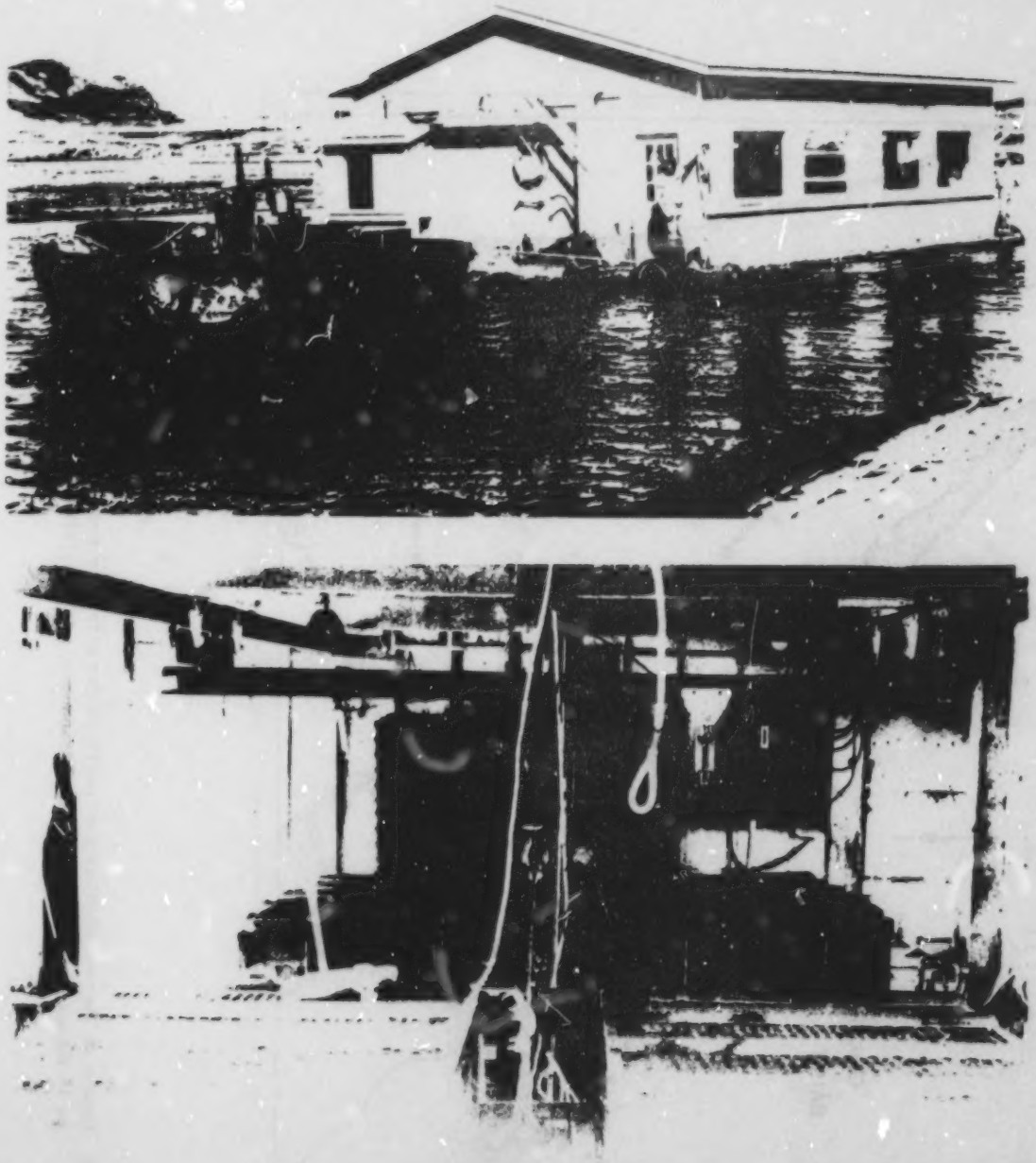


Figure 6b: L'unité flottante et son aménagement intérieur: en bas, deux modules sont à moitié immergés.

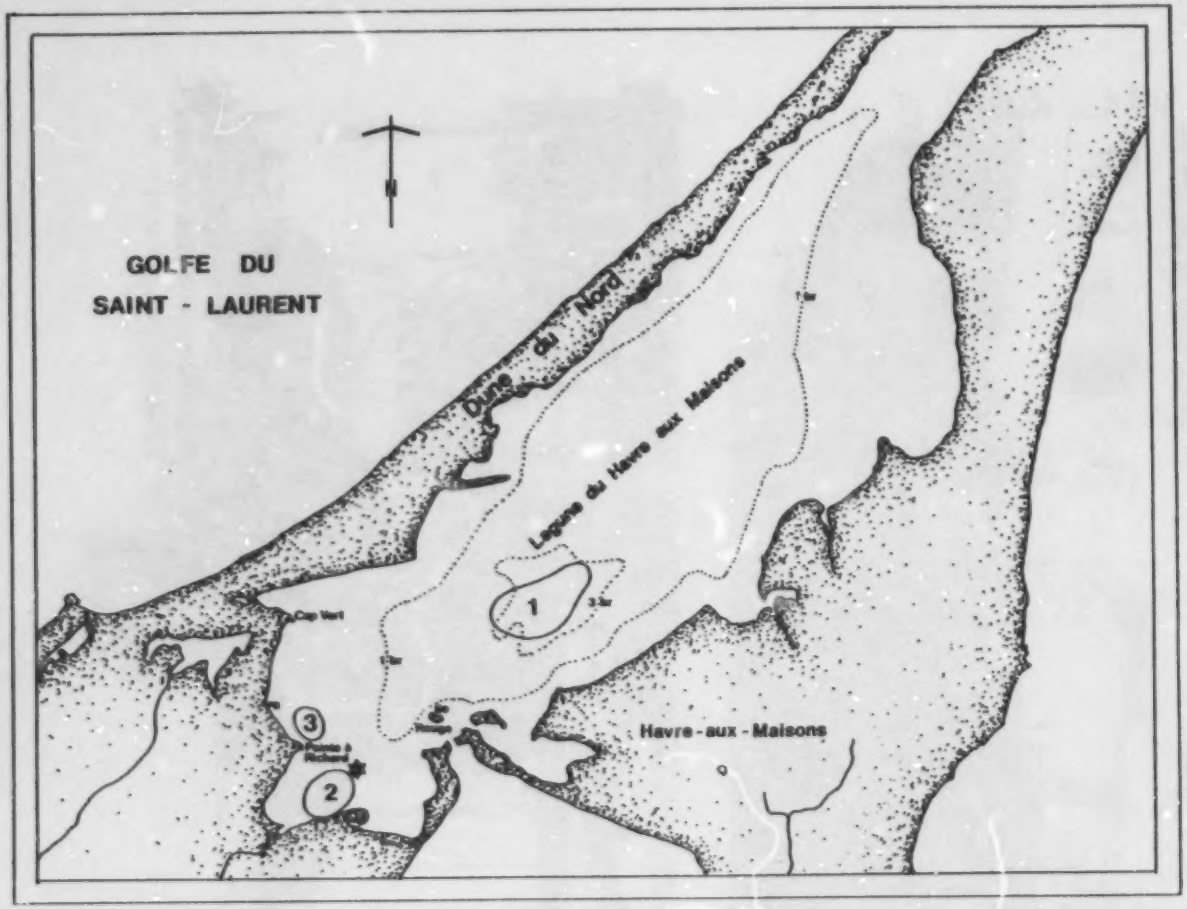


Figure 7: Lagune du Havre-aux-Maisons et position des sites d'élevage. 1: du 15 mai au 12 Juin; 2: du 7 Juin au 15 décembre; 3: à partir du 15 décembre. *: position du courantomètre.

près du quai du Cap-Vert où l'eau était plus profonde et l'accessibilité plus grande pour le retrait des homards de l'élevage.

3. Mise en élevage

La mise en élevage du homard a débuté le 15 mai pour se poursuivre jusqu'au 3 juillet. Le Tableau 1 donne les détails concernant le nombre, la provenance et le sexe des homards mis en élevage et leur répartition dans les modules. La COOP de Gros-Cap, Îles-de-la-Madeleine, a fourni 53,5% des individus tandis que 28,1% et 18,6% provenaient respectivement de chez J.W. Delaney, Îles-de-la-Madeleine, et des pêcheurs du secteur sud de l'Île-du-Prince-Édouard. Au total, 23 300 kg de homard ont été achetés, ce qui correspond à un nombre estimé de 63 700 individus. Le poids individuel pour le homard des Îles-de-la-Madeleine variait entre 0,34 et 0,49 kg et, pour celui de l'Île-du-Prince-Édouard, entre 0,23 et 0,44 kg. Le rapport des sexes pour le homard des Îles-de-la-Madeleine était environ 1:1. On ignore celui du homard de l'Île-du-Prince-Édouard. Pour les 12 premiers mois, seuls les homards en bon état ont été sélectionnés. Aucun contrôle strict de la qualité n'a pu être fait lors de la sélection des homards des autres modules.

4. Entretien et nourrissage

La Fig. 8 présente le calendrier des visites pour chacun des modules en opération. On notera d'abord que la période d'utilisation de plusieurs modules a pris fin avant la mi-décembre. Le homard de ces modules a servi à remplir les espaces libres laissés par les morts dans d'autres modules. La fréquence de nourrissage a considérablement varié au cours de la saison. Globalement, tous les homards ont jeûné environ 5 semaines au début de la saison. Dans le cas des 8 premiers modules, ce jeûne est survenu après une brève période de nourrissage. La fréquence de nourrissage a augmenté considérablement à partir du 1er septembre, atteignant une valeur d'environ une fois par semaine. Elle a graduellement diminué à partir du milieu de l'automne pour être pratiquement nulle au mois de décembre avant la fin de l'élevage sauf dans le cas du module expérimental (no. 23).

La composition des rations a aussi varié au cours de la saison (Tabl. 2). Les homards des premiers modules en opération ont été nourris pendant les quelques jours suivant leur entrée en élevage et après le jeûne de cinq semaines, avec un éventail très varié d'organismes marins frais ou décongelés et de résidus de poisson. À partir du 22 juillet, tous les homards ont été nourris avec des boulettes fabriquées spécifiquement pour le homard par la compagnie Marine Lobster Farm, Victoria, Île-du-Prince-Édouard, à raison d'environ 2,0% du poids corporel du homard par nourrissage (2 boulettes de 4,5 g). Les boulettes étaient composées à parts égales de crabe, de calmar, de chair de poisson, de gonades de pétoncles et de blé à quoi s'ajoutaient un produit liant (5%) et des vitamines mélangées (3%) (Tabl. 3).

Lors des visites, chaque panier était examiné afin de dénombrer les homards ayant mué, les morts et les disparus, et de retirer les résidus de nourriture et les homards morts. Le dénombrement des femelles ovigères et des homards ayant perdu une pince n'a été fait que pendant la première partie de la saison.

5. Mesures biologiques et physico-chimiques

5.1 Mesure du poids et de la taille des homards

La longueur du céphalothorax des homards a été mesurée à l'aide d'un vernier à coulisse avec une précision d'environ 0,5 mm. Nous

Tableau 1: Nombre, provenance et sexe du homard mis en élevage dans la lagune du Havre-aux-Maisons, du 15 mai au 3 juillet.

Date d'achat		Nombre	% de femelles	Provenance
Mai	15	1 920	50,0	Gros-Cap
	17	1 920	50,3	Gros-Cap
	19	1 456	54,4	Gros-Cap
	22	1 912	53,0	Gros-Cap
	25	1 920	55,0	Gros-Cap
	26	1 344	52,2	Gros-Cap
	27	816	52,2	Gros-Cap
	29	1 920	50,0	Gros-Cap
	31	960	55,0	Gros-Cap
Juin	01	1 800	50,0	Gros-Cap
	04	1 037	51,6	Gros-Cap
	08	3 600	52,5	J.W. Delaney
	09	1 800	50,0	Gros-Cap
	10	5 400	55,0	J.W. Delaney
	11	3 599	50,0	J.W. Delaney
	12	1 800	55,0	J.W. Delaney
	14	3 600	50,0	Gros-Cap
	16	1 758	51,2	J.W. Delaney
	18	1 800	50,0	J.W. Delaney
	19	1 530	47,1	Gros-Cap
	22	3 840		Île-du-Prince-Édouard
	23	3 739		Île-du-Prince-Édouard
	24	1 350		Île-du-Prince-Édouard
	25	3 840		Île-du-Prince-Édouard
	26	400		Île-du-Prince-Édouard
	26	1 800	55,0	Gros-Cap
	28	830		Gros-Cap
	28	1 160		Île-du-Prince-Édouard
	29	331		Île-du-Prince-Édouard
	29	828		Gros-Cap
Juillet	01	240		Île-du-Prince-Édouard
	02	1 660		Île-du-Prince-Édouard
	03	1 900		Île-du-Prince-Édouard
TOTAL		63 818		

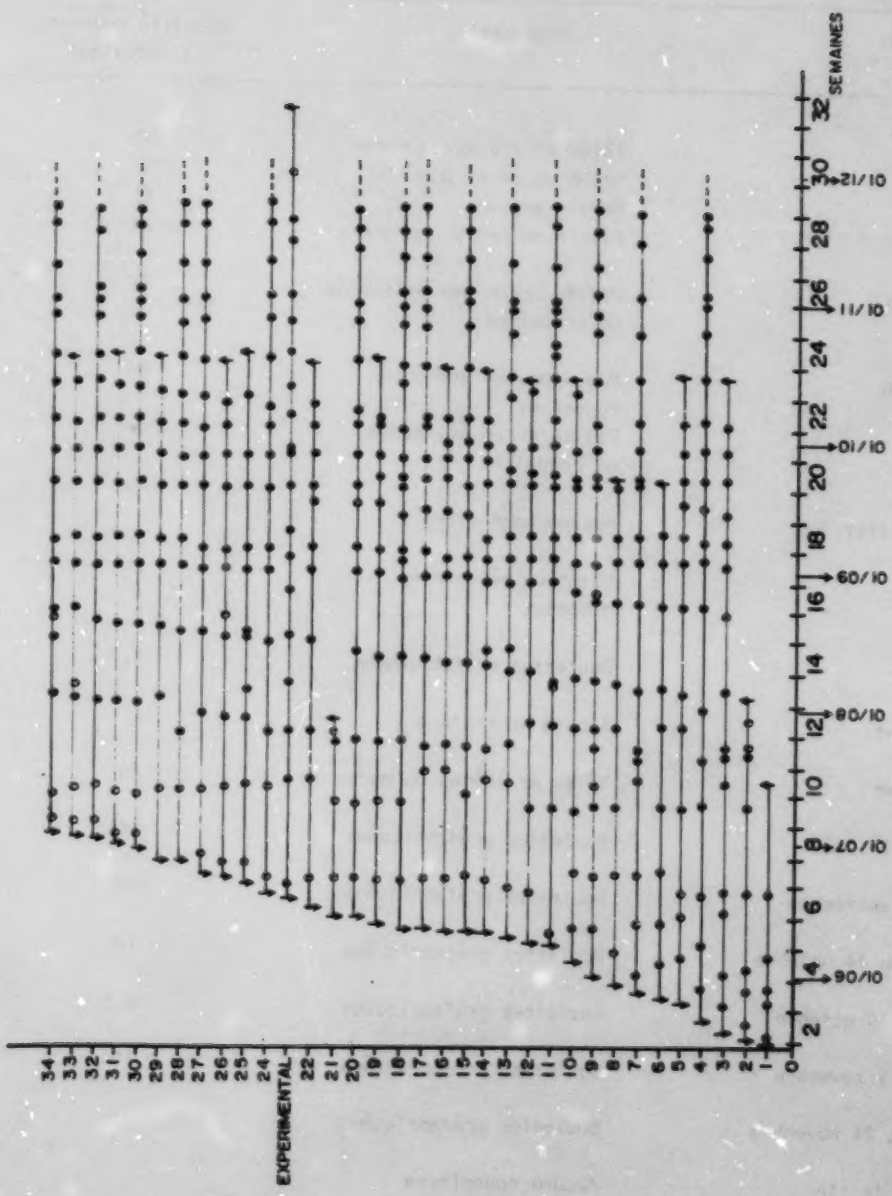


Figure 8: Calendrier des visites pour chacun des modules. +: entrées en élevage; †: transfert dans un autre module; o: entretien des paniers seulement; ● entretien et nourrissage.

Tableau 2: Composition des rations données par homard à chacun des visites au cours de la saison d'élevage.

Période	Composition	Quantité moyenne (g/individu)
15 mai au 27 mai	Têtes et arêtes de morue	90
	Crabe coupé en quartier	50
	Oursin entier	35
	Etoile de mer en morceaux	20
28 mai au 2 juin	Petite morue non éviscérée en rondelles	75
3 juin au 6 juin	Maquereau éviscéré en rondelles	40
	Petite morue éviscérée en rondelles	30
7 juin au 8 juillet	Aucune nourriture	
8 juillet	Filet de sébaste en morceaux	25
9 juillet	Boulettes préfabriquées	4,5
10 au 20 juillet	Aucune nourriture	
20 au 21 juillet	Têtes et arêtes de morue	40
22 juillet au 17 août	Boulettes préfabriquées	10
18 août au 14 septembre	Boulettes préfabriquées	10
15 septembre au 14 octobre	Boulettes préfabriquées	10
15 octobre et 16 octobre	Boulettes préfabriquées	4,5
17 octobre au 9 novembre	Boulettes préfabriquées	10
10 novembre au 24 novembre	Boulettes préfabriquées	15
24 novembre à la fin de la saison	Aucune nourriture	

Tableau 3: Composition des divers ingrédients utilisés pour fabriquer les boulettes de nourriture.

Ingrédient	% d'humidité	% d'azote total	% de lipides	% de cendres
Crabe	68,3	6,2	5,8	28,3
Calmar	71,1	8,0	12,4	18,9
Chair de poisson	6,4	10,3	6,6	33,2
Blé	10,9	2,6	4,9	3,1
Boulette	35,6	26,1 (protéines)	6,6	10,0

avons utilisé une balance électronique Toledo 8202 pour peser individuellement les homards avec une précision de 5,0 g.

5.2 Détermination de la concentration de protéines dans l'hémolymphe

La concentration de protéines dans le sérum sanguin du homard a été déterminée à l'aide de la méthode de Leavitt et Bayer (1977). Un volume de 1,5 à 2,0 ml de sang était prélevé dans le sinus abdominal ventral à l'aide d'une seringue de 3 ml munie d'une aiguille de calibre 22,5. Après coagulation du sang, l'échantillon était congelé. En laboratoire, le sang coagulé était décongelé, brisé en morceaux et centrifugé pendant 5 min. Quelques gouttes du surnageant étaient ensuite déposées sur la lame d'un réfractomètre de solides totaux Uricon . La concentration en protéines était lue directement sur une échelle à travers la lunette.

5.3 Détection de la maladie de la gaffkémie

Le homard n'a aucune défense interne contre l'infection fatale de la bactérie, Aerococcus viridans (var.) homari. L'infection d'un homard par ce pathogène est confirmée lorsque des bactéries isolées d'un milieu de culture de phényléthanol démontrent une catalase négative et des colonies ponctuelles bêta-hémolytiques composées de cocci gram-positifs se présentant isolément, en paires, tétrades ou autres petites groupes, mais non en chaîne ou en grappes (Stewart 1972).

Pour le suivi de l'élevage, plusieurs individus ont fait l'objet d'un test préliminaire qui consiste à examiner au microscope un frottis sanguin après coloration fluorescente (Stewart 1972). Cette méthode permet de déterminer si les bactéries gram-positives sont abondantes dans le sang et si celles-ci se présentent en petits groupes ou isolées. Par conséquent, elle n'est efficace que pour confirmer la présence de grandes concentrations de A. viridans dans le sang.

Quelques échantillons ont été confiés au Dr. Cornick du ministère des Pêches et des Océans à Halifax pour des tests permettant de déceler la présence de petites concentrations de A. viridans dans le sang (Stewart 1972).

5.4 Mesures physico-chimiques

De la mi-juin à la mi-octobre, un thermographe de modèle Ryan a enregistré en continu la température de l'eau à environ un mètre du fond dans la section centrale du module expérimental 23, à l'extérieur des paniers. La température, la salinité, la vitesse et la direction des courants ont été enregistrées en continu, du 19 juillet au 23 novembre, à l'aide d'un courantomètre Aanderaa RCM-4, à l'entrée de la baie du Cap-Vert (Fig. 7), à environ 1 m au-dessus du fond. Un oxymètre YSI 57 a été utilisé de façon ponctuelle pendant toute la période d'élevage afin d'obtenir des mesures de température et de concentration en oxygène dissous dans et autour du site d'élevage. Quelques échantillons d'eau ont été prélevés au cours de la saison dans l'aire d'élevage afin de déterminer en laboratoire la concentration en ammoniaque.

Les 6-7 septembre, 30 septembre-1er octobre, et 14-15 octobre, des séries temporelles de la température et de la concentration en ammoniaque et en oxygène dissous dans un casier à homard du module 7 ont été obtenues pour une durée d'environ 12 heures. La sonde de l'oxymètre munie d'un agitateur, la sonde de température ainsi qu'un boyau d'arrosage relié à une pompe étaient introduits dans un casier. Les lectures d'oxygène

et de température ainsi que les prélèvements d'eau étaient réalisés à une fréquence élevée pendant l'expérience.

RÉSULTATS

PREMIÈRE PARTIE
SUIVI BIOLOGIQUE DE L'ÉLEVAGE

1. Évolution des conditions physico-chimiques dans l'aire d'élevage

1.1 Température

Les variations à court et à long termes de la température de l'eau au site d'élevage (Fig. 9) sont étroitement reliées à celles de la température de l'air (Fig. 10). Le maximum estival de 26,4°C a été atteint le 19 juillet. Les variations journalières de la température (non représentées) sont essentiellement reliées à l'ensoleillement; elles correspondent à un cycle de 24 heures ayant un maximum au crépuscule et une amplitude pouvant atteindre 1,5°C au mois de juillet.

1.2 Salinité

La salinité dans l'aire d'élevage (Fig. 11) a diminué progressivement à partir de la mi-août, passant d'environ 30,5‰ à 28,0‰ à la mi-novembre. Les variations à court terme (Fig. 12) sont de faible amplitude. Elles consistent surtout en baisses sensibles de courte durée les jours suivant de fortes précipitations, et en fluctuations semi-diurnes de faible amplitude, probablement attribuables aux échanges causés par les marées entre la lagune et le Golfe. En aucun moment, des variations indiquant un remplacement des masses d'eau ou l'apparition de lentilles d'eau douce ne sont apparues sur les enregistrements.

1.3 Courants

Les courants dans l'aire d'élevage (Fig. 13) n'ont pas dépassé 35 cm/sec pendant la période d'enregistrement. Les fluctuations à long terme de la vitesse des courants correspondent à celles de la vitesse des vents (Fig. 14). Les périodes de courants faibles ou nuls apparaissent surtout au début des enregistrements, à la fin d'août, alors que les vents étaient de force intermédiaire et soufflaient du sud-ouest. Il est fort probable que les courants ont été très faibles pendant tout le mois d'août, caractérisé par des vents faibles du sud-ouest. À l'appendice 2, on peut déceler l'apparition régulière d'un cycle semi-diurne dans l'intensité de la composante est-ouest des courants et parfois dans la composante nord-sud, indiquant une circulation tidale selon l'axe SO-NE, c'est-à-dire, en direction de l'ouverture de la lagune sur le Golfe.

1.4 Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous dans l'aire d'élevage correspondent en été à une sur-saturation. Les fluctuations à moyen et à long termes (Fig. 15) sont étroitement reliées à celles de la température de l'eau, la solubilité de l'oxygène étant plus faible dans les eaux plus chaudes du mois d'août.

2. Mortalité et autres pertes

Au début de décembre, il ne restait que 24‰ des homards initialement introduits en élevage (Fig. 16). Ces pertes sont attribuables à la mortalité (62,3‰), à la disparition des homards entre deux visites (10,6‰), au bris d'un des modules sur le fond lagunaire (1,5‰), à la vente de homards avant le mois de décembre (1,5‰) et à des erreurs de manipulation et des sacrifices pour des expériences (0,2‰).

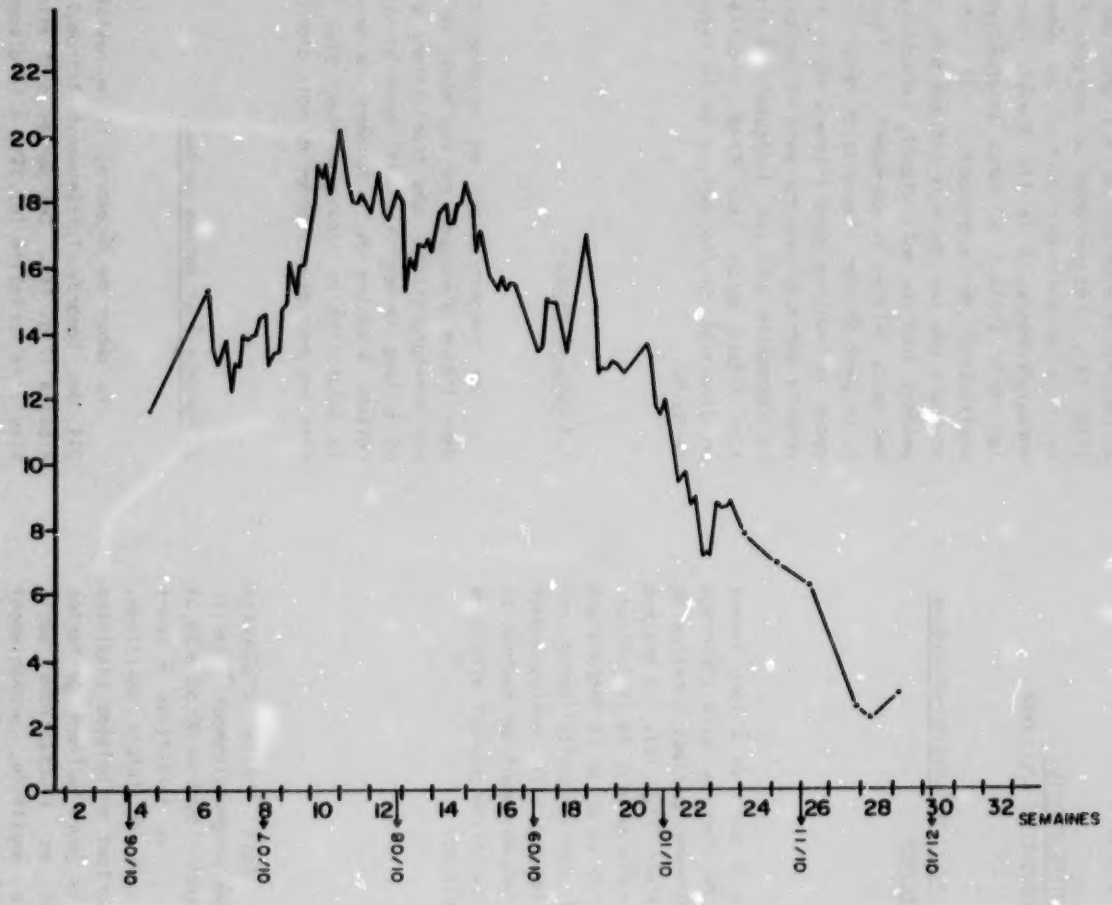


Figure 9: Évolution de la température de l'eau au site d'élevage au cours de la saison 1982. Mesures ponctuelles: ●—●; mesures en continu à l'aide d'un thermographe: —.

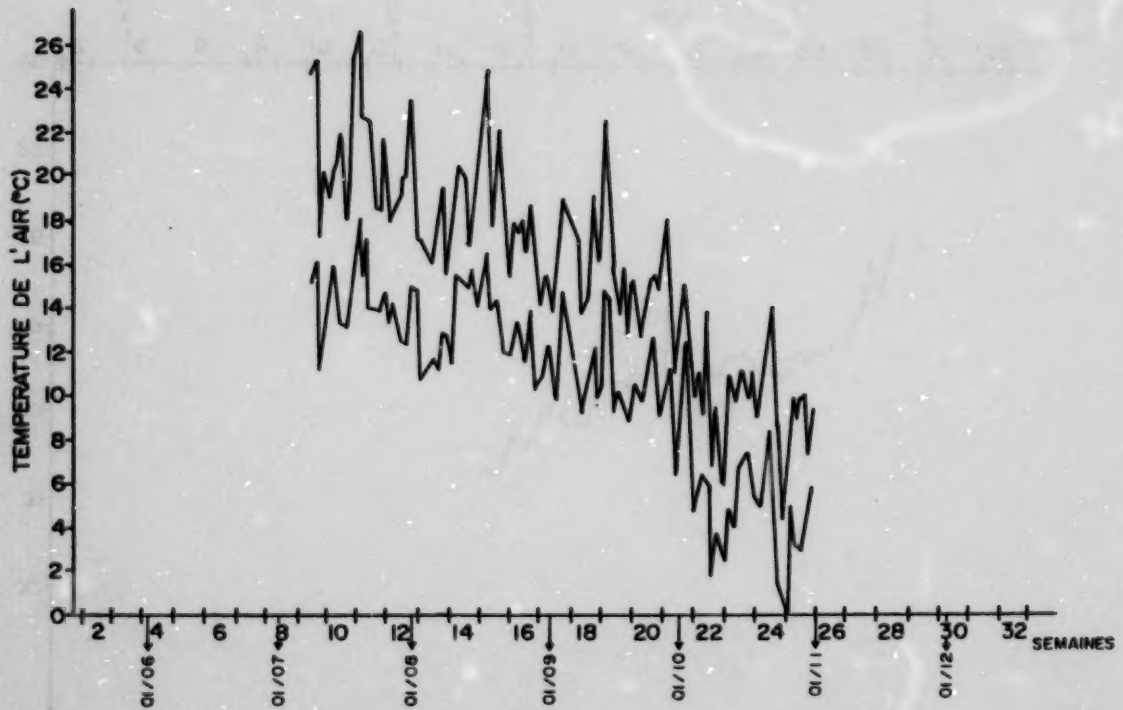


Figure 10: Évolution journalière de la température de l'air à Cap-aux-Meules au cours de la saison 1982. Courbe supérieure: maximum journalier; courbe inférieure: minimum journalier.

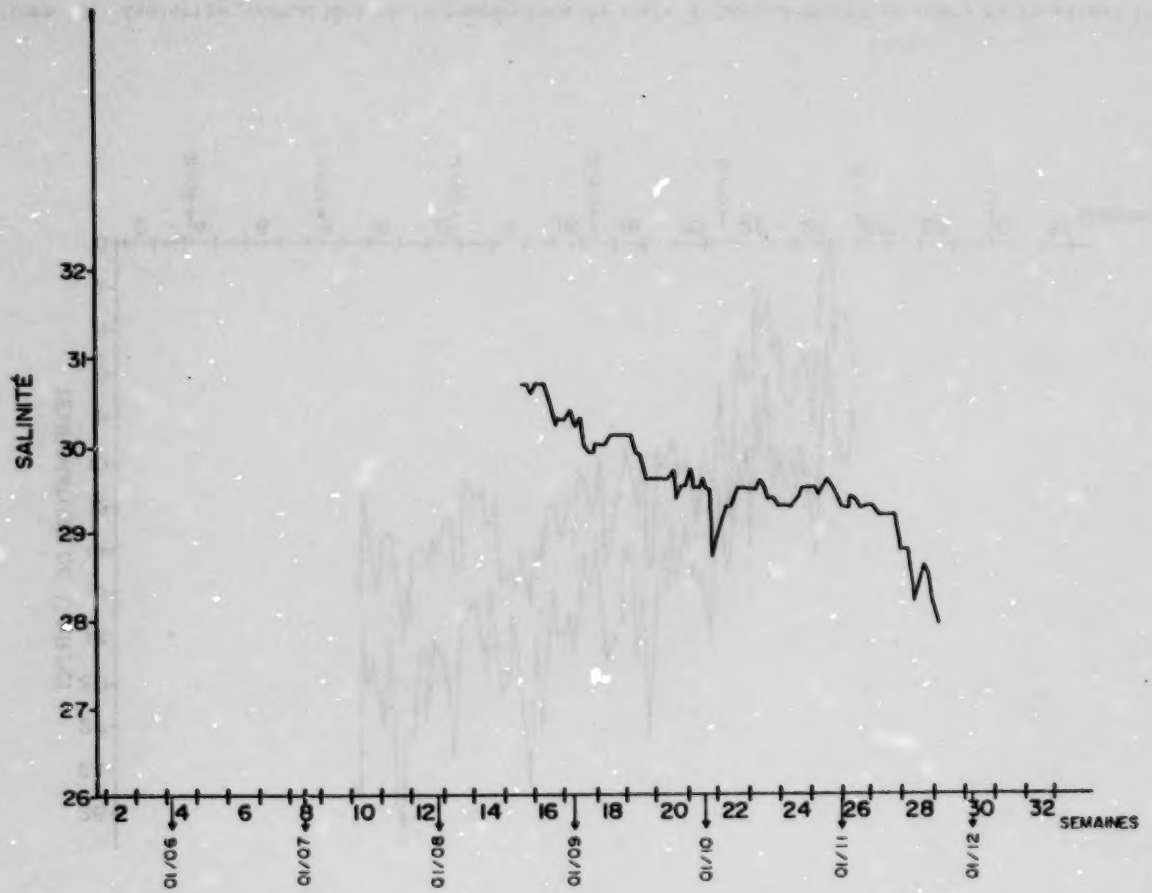


Figure 11: Évolution journalière de la salinité moyenne au site d'élevage (courantomètre) au cours de la saison 1982.

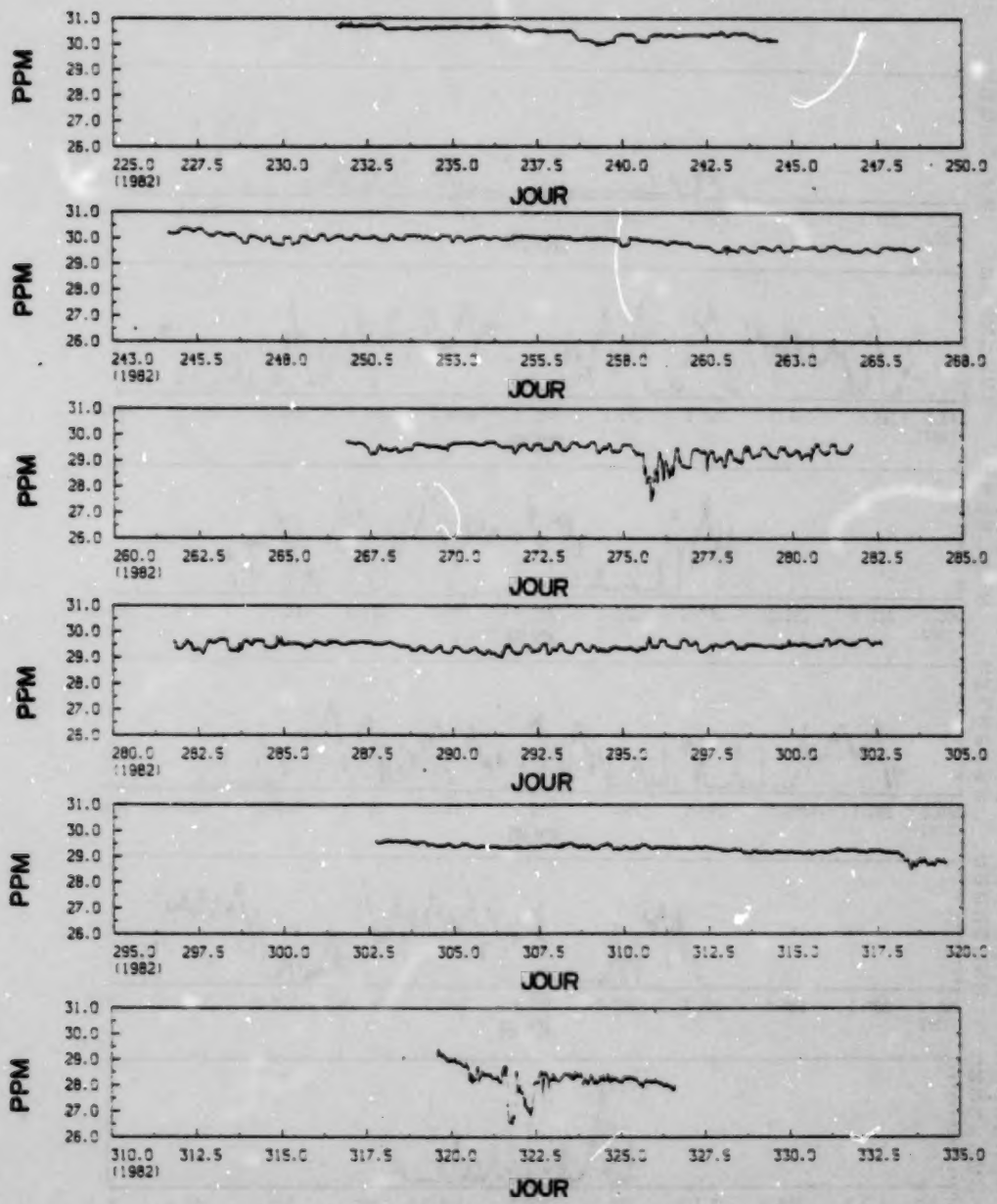


Figure 12: Évolution à court terme de la salinité au site d'élevage (courantomètre) au cours de la saison 1982.

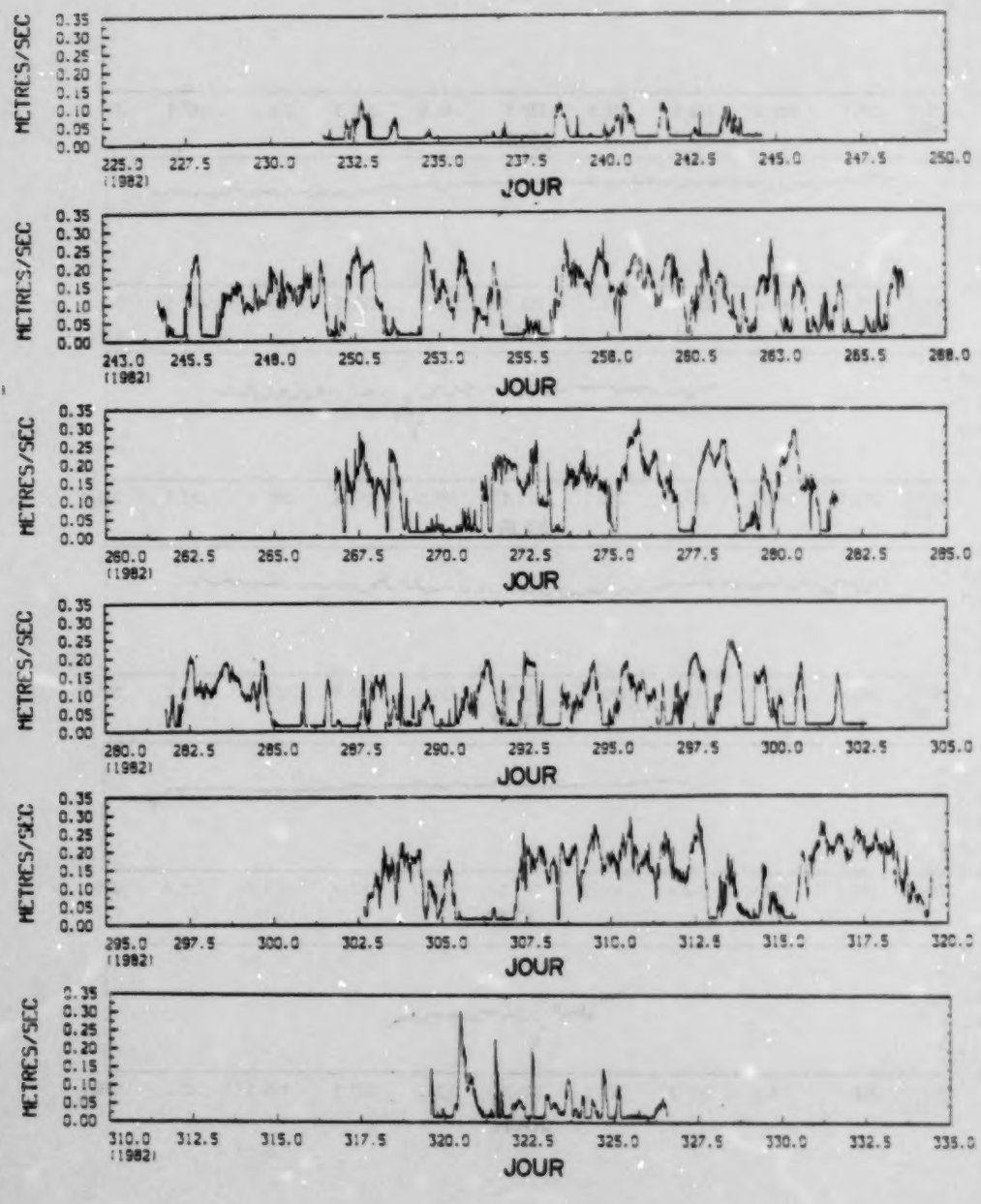


Figure 13: Évolution de la vitesse des courants au site d'élevage (courantomètre) au cours de la saison 1982.

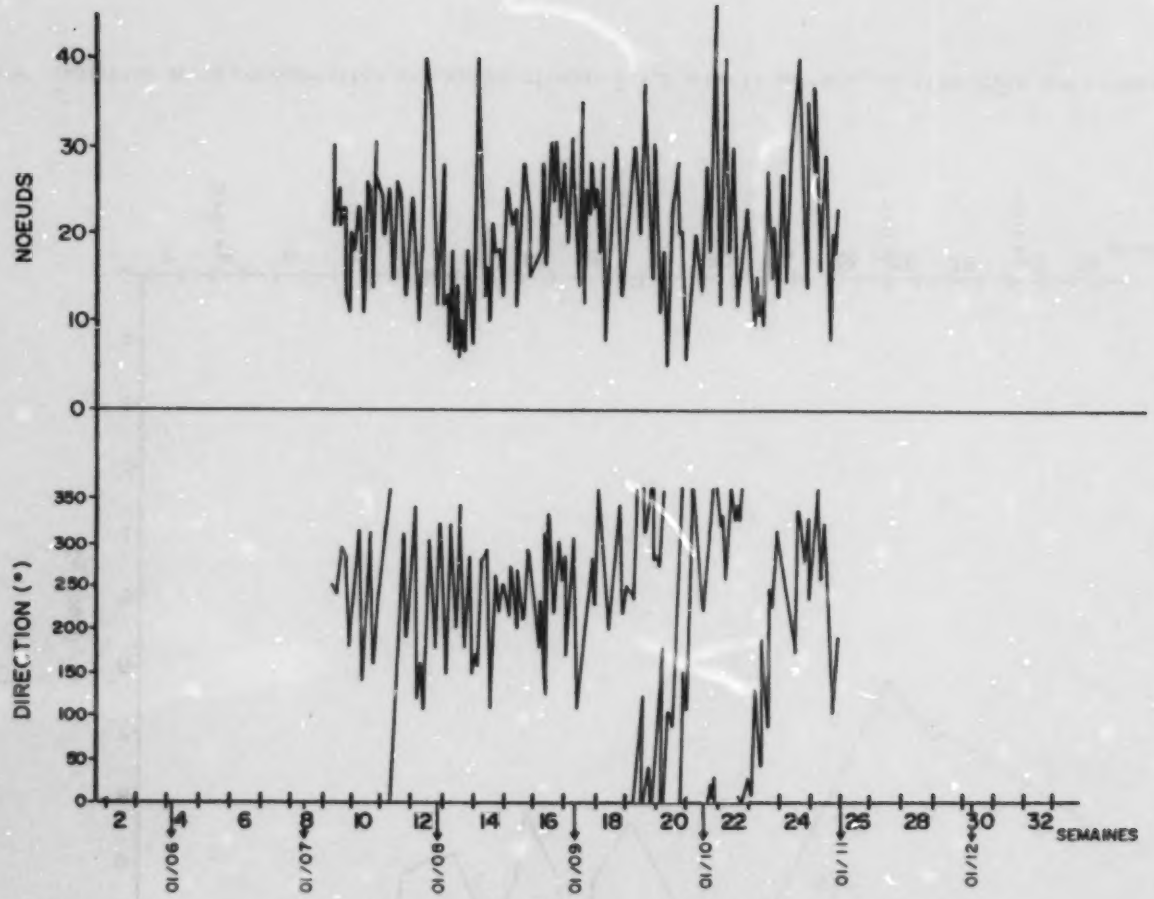


Figure 14: Évolution journalière de la vitesse maximale du vent et de sa direction à Cap-aux-Meules au cours de la saison 1982. 0° et 360° correspondent à des vents du nord.

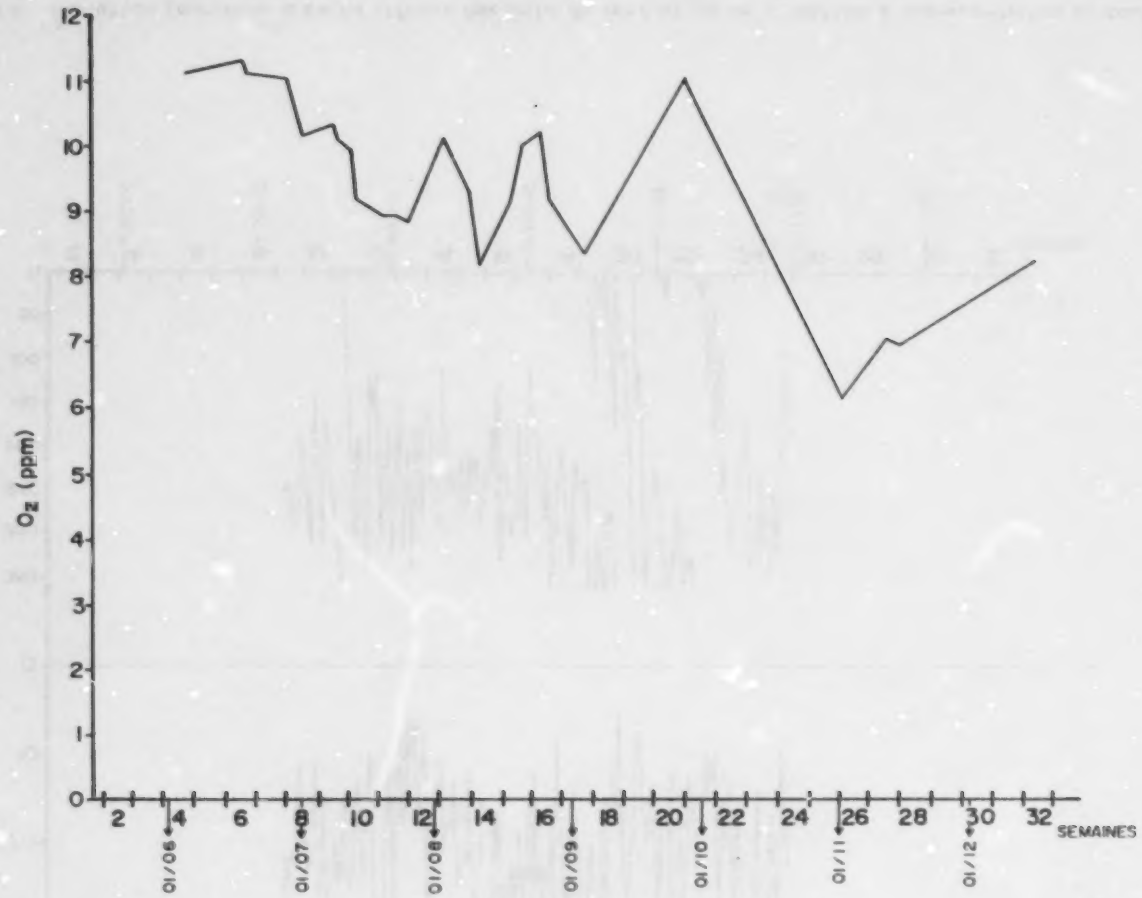


Figure 15: Évolution de la concentration en oxygène dissous à 1,5 m de la surface, au site d'élevage au cours de la saison 1982.

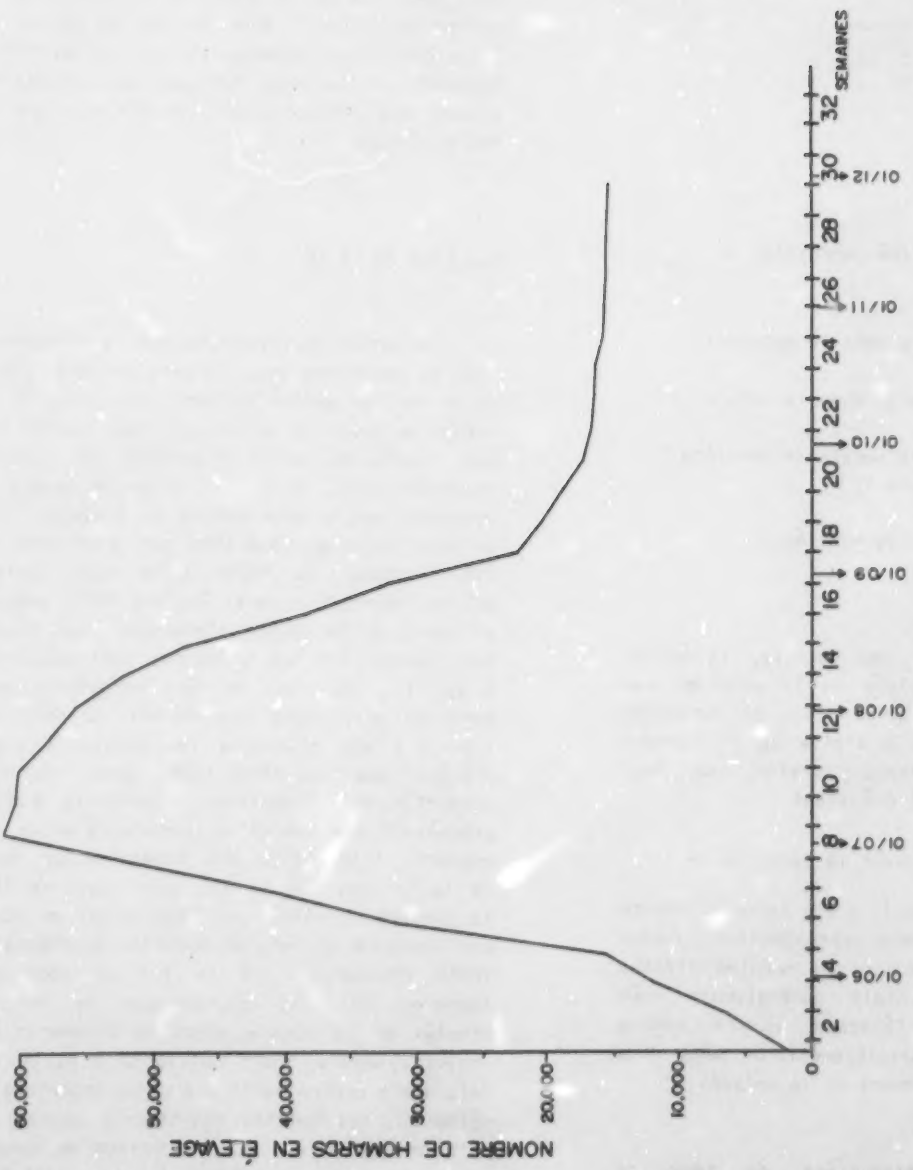


Figure 16: Évolution du nombre de homards en élevage dans la lagune du Havre-aux-Maisons au cours de la saison 1982.

2.1 Mortalité

Le taux journalier de mortalité a été estimé en utilisant la formule suivante:

$$\%M = \frac{\sum_{I=1}^{n} MI \times 100}{\sum_{I=1}^{n} N_I \quad \frac{1}{n} \sum_{I=1}^{n} \Delta t_I}$$

où:

$\%M$: taux de mortalité journalier en pourcentage;

M_I : nombre de morts dans le module I;

N_I : nombre de homards dans le module I;

Δt_I : nombre de jours depuis la dernière visite du module I;

n : nombre de modules visités.

Pour simplifier les calculs, la saison d'élevage a été divisée en 29 semaines (du lundi au dimanche) et un taux de mortalité moyen a été calculé à l'aide de la formule précédente pour chaque semaine, ce taux correspondant à celui prévalant

$\frac{1}{2n} \sum_{I=1}^{n} \Delta t_I$ jours avant le jeudi de la

semaine pour laquelle il a été calculé. Cette méthode donne une bonne approximation du taux réel parce que le nombre de modules visités dans une semaine était généralement très représentatif de l'élevage et le nombre d'individus était sensiblement le même dans tous les modules au cours de la saison.

L'évolution saisonnière du taux de mortalité est présenté pour l'ensemble de l'élevage à la Fig. 17. Trois pics distincts apparaissent au cours de la saison. Les deux premiers pics sont attribuables respectivement à la mort, quelques jours après l'entrée en élevage, du homard des 12 premiers modules (IM-1) et du homard de l'Île-du-Prince-Édouard (IPE). Un pic similaire mais moins important apparaît aussi dans les jours qui suivent l'introduction des modules 12 à 24 (IM-2). Les trois groupes de homards présentent une très forte mortalité entre la mi-juillet et la mi-septembre mais, dans le cas du homard de l'Île-du-Prince-Édouard, le pic de mortalité apparaît un peu plus tôt que dans le cas du groupe IM-2, et beaucoup plus tôt que dans le cas du groupe IM-1.

2.2 État de santé

Le nombre de blessures et la concentration de protéines dans le sang ont été déterminés sur de petits échantillons prélevés au hasard au cours de la saison. Les données ont été regroupées selon l'origine des homards examinés (IM-1, IM-2), et selon le nombre de semaines depuis leur entrée en élevage. Les valeurs moyennes reportées sur graphique ont été disposées de façon à ce qu'on puisse suivre l'évolution parallèle des trois groupes au cours de la saison d'élevage. Les résultats concernant les blessures sont présentés à la Fig. 18. Les données manquantes pour certains graphiques proviennent du fait que l'on n'a pas distingué les blessures cicatrisées des non-cicatrisées pour certains échantillions. Globalement, les trois groupes présentent une évolution comparable en ce qui concerne l'incidence des blessures au cours de la saison. À la fin août (semaine 16), la presque totalité des homards ont au moins une blessure et ont, en moyenne, au-dessus de trois blessures. À la fin de septembre (semaine 20), le pourcentage de homards blessés et le nombre moyen de blessures par individu semble avoir baissé un peu, ce qui laisserait croire qu'il y a eu un processus de sélection des homards non-blessés pendant le mois de septembre. Le pourcentage de homards avec au moins une blessure non-cicatrisée (Fig. 18) donne sans doute une indication du taux d'incidences de blessures dans les

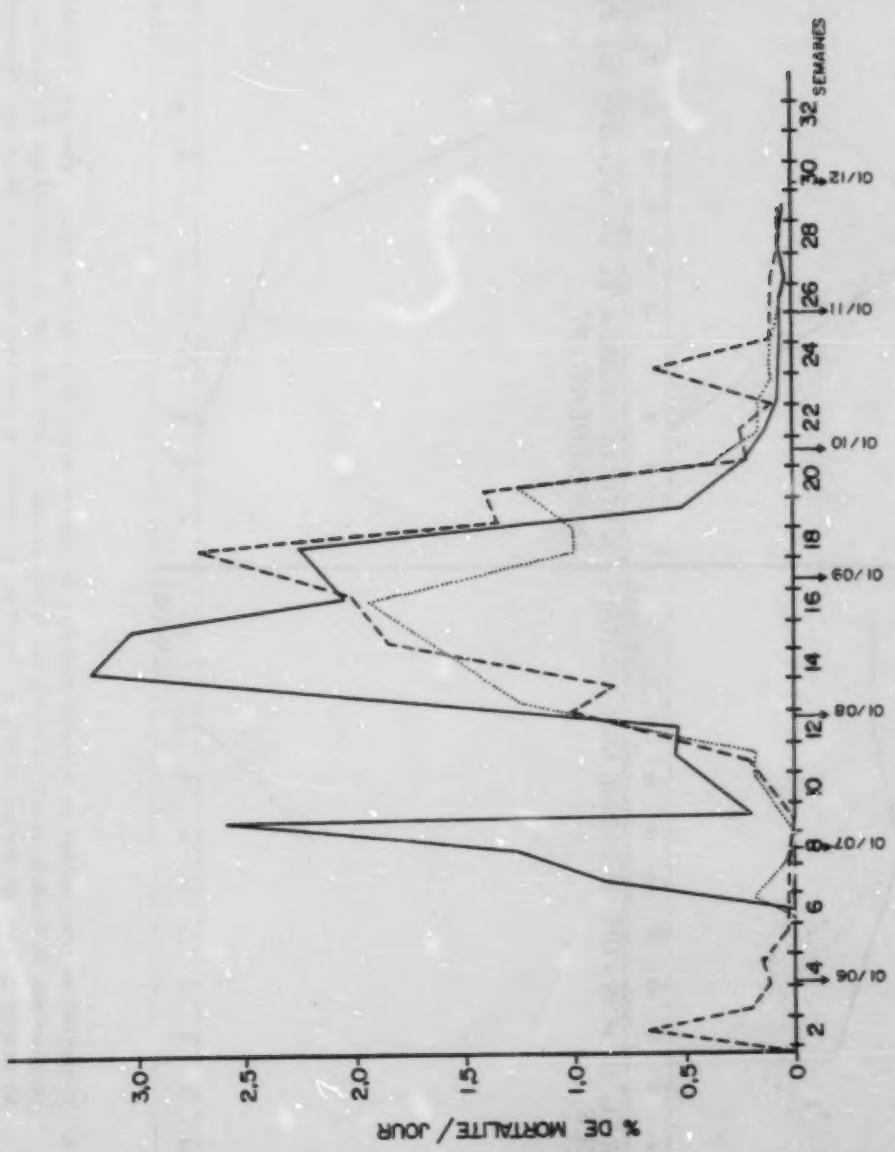


Figure 17: Évolution du taux journalier de mortalité pour les homards des groupes IM-1 (---), IM-2 (....), et IPE (—) au cours de la saison d'élevage 1982.

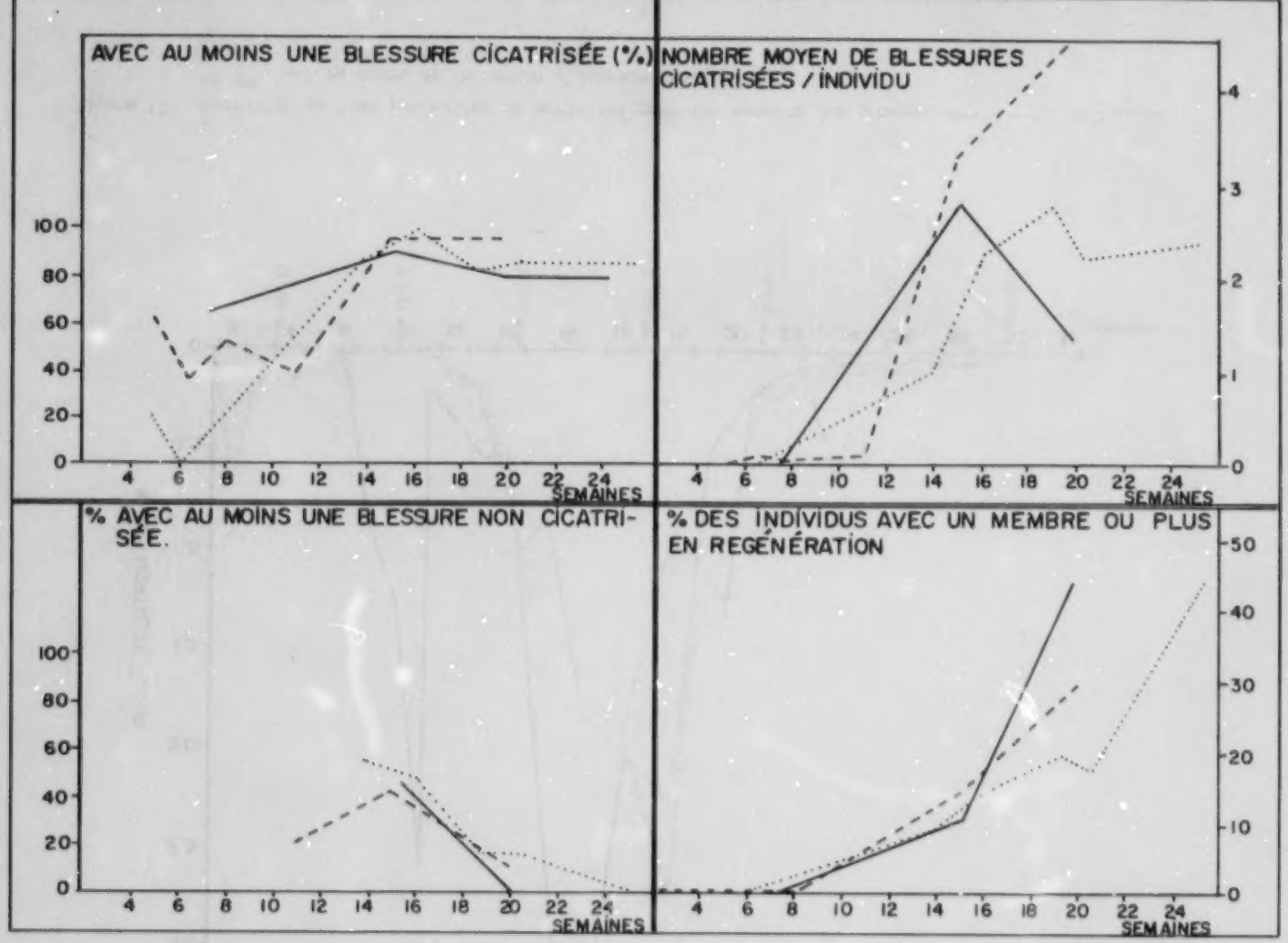


Figure 18: Évolution du pourcentage de homards blessés, du nombre moyen de blessures cicatrisées par individu, du pourcentage de homards ayant au moins une blessure non cicatrisée, et du pourcentage d'individus avec un membre ou plus en regénération, en fonction du nombre de semaines depuis le début de l'élevage. IM-1: —; IM-2: ...; IPE: —.

quelques heures avant l'échantillonnage. Le nombre de blessures que s'infligent les homards serait ainsi beaucoup plus élevé en août qu'en septembre et serait presque nul à la fin octobre. Enfin, le pourcentage de homards avec un appendice en regénération (Fig. 18) augmente rapidement à partir du début juillet pour atteindre des valeurs au-dessus de 30% au début du mois d'octobre.

La présence de femelles ovigères n'a pu être notée de façon systématique au cours de l'élevage parce que les homards eux-mêmes n'étaient pas manipulés pendant les opérations d'entretien. La seule estimation fiable du pourcentage des femelles portant des oeufs sur l'abdomen a été obtenue au milieu du mois d'août alors qu'environ 150 des 25 000 femelles en élevage portaient des oeufs (0,6%). Aucune femelle n'était ovigère à l'entrée en élevage. Ce faible pourcentage est attribuable entre autres au fait que les femelles résorbaient leurs gonades. Ce phénomène produit un noircissement du sang facilement détectable à travers la paroi ventrale de l'abdomen et une augmentation moyenne d'environ 60% de la teneur en protéines dans le sang. Le pourcentage de femelles avec un abdomen noir (Tabl. 4) a augmenté considérablement à partir de la deuxième moitié de septembre pour rester plus stable par la suite.

La Fig. 19 présente l'évolution de la concentration de protéines dans l'hémolymphe pour les trois groupes de homards en excluant les femelles avec un abdomen noir. Les trois groupes subissent une forte diminution de la teneur en protéines pendant la période de jeûne qui a suivi l'entrée en élevage. Avec l'augmentation de la fréquence de nourrissage au début de septembre (semaine 17), les concentrations augmentent et/ou se maintiennent à un niveau beaucoup plus bas qu'au début de l'élevage. Les valeurs plus élevées pour le homard de l'Île-du-Prince-Édouard en fin d'élevage sont probablement attribuables au fait que les rations représentaient un plus haut pourcentage du poids corporel pour ces individus de taille plus petite.

2.3 Maladie de la gaffkémie

Des tests faits à partir de frottis sanguins ont été réalisés en août et septembre. Des tests plus sensibles (culture sanguine) détectant de faibles concentrations de A. viridans ont été réalisés sur deux échantillons prélevés en août et décembre. Les résultats sont présentés au Tableau 5. Les premiers résultats (5 août) ont été obtenus en plein pic de mortalité; deux des trois modules échantillonnés étaient très fortement contaminés tandis que le troisième contenait plusieurs individus aux premiers stades de la maladie. Le pourcentage d'individus contaminés s'est maintenu à un niveau très élevé jusqu'au début de septembre après quoi il a diminué parallèlement avec le taux de mortalité pour atteindre zéro en décembre. Ces résultats montrent que la gaffkémie est sans aucun doute responsable de la mortalité du homard et que les fortes mortalités enregistrées en août et septembre sont attribuables à une épidémie de gaffkémie.

2.4 Causes de l'épidémie de gaffkémie

Nous avons tenté de comprendre par quel mécanisme l'épidémie s'est déclarée et propagée dans tous les modules de l'élevage. Le pourcentage de mortalité due à la gaffkémie à un moment donné au cours de la saison d'élevage dépend essentiellement des trois facteurs suivants:

- le nombre de homards qui se blessent et qui, ainsi, sont susceptibles d'être contaminés;
- la concentration de la bactérie Aerococcus viridans dans le milieu ambiant des modules, c'est-à-dire la probabilité qu'un homard ayant une blessure non-cicatrisée soit contaminé;
- le temps de survie des homards contaminés, qui est essentiellement dépendant de la température ambiante.

Tableau 4: Évolution du pourcentage de femelles avec un abdomen noir dans l'élevage.

Période	Nombre de femelles examinées	% avec un abdomen noir
1-15 août	39	17,9
15-31 août	48	18,8
1-15 septembre	17	17,6
15-30 septembre	64	37,5
1-31 octobre	8	25,0
1-15 novembre	80	36,3

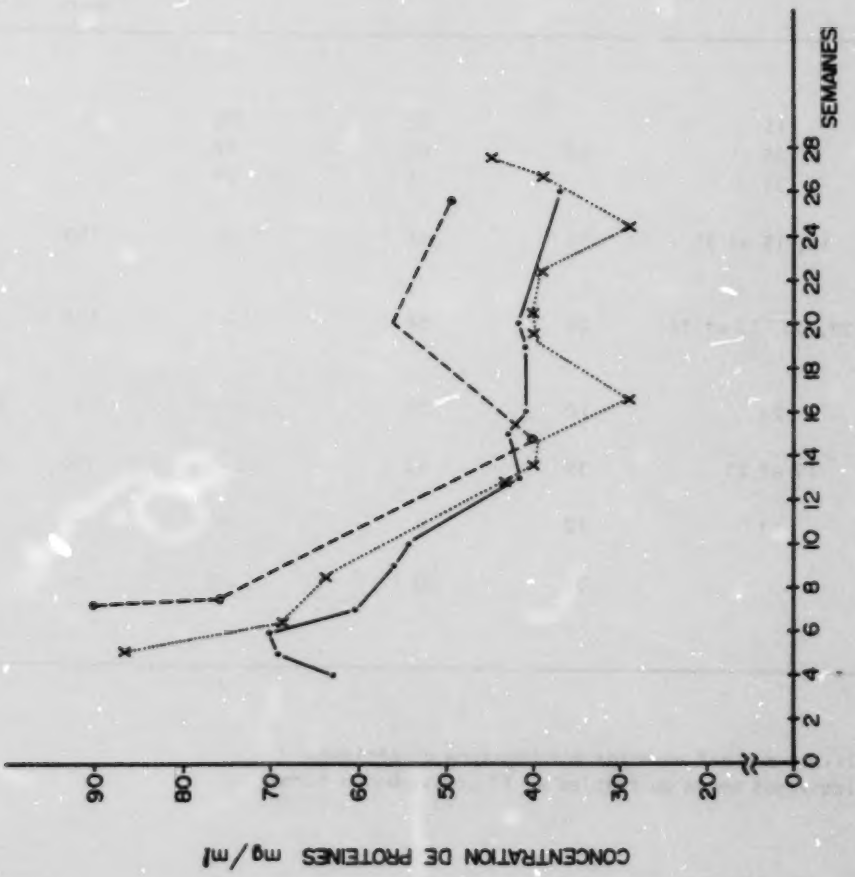


Figure 19: Évolution de la concentration de protéines dans l'hémolymphe des homards des groupes IM-1 (—), IM-2 (...), et IPE (—·—), au cours de la saison d'élevage.

Tableau 5: Résultats des tests détectant la présence de la gaffkémie dans l'élevage.

Date du prélèvement	Module échantillonné	Nombre examiné	% de frottis sanguins positifs	% de cultures sanguines positives	% des individus avec frottis sanguins positifs[1]		
					Morts	Faibles	En Forme
05/08	11	50[2]	72	80	-	-	-
	25		64	68			
	33		2	24			
10-16/08	14, 15 et 22	66	67	-	100	62	0
19-23/08	28, 30, 33 et 34	24	54	-	100	70	20
02/09	28	10	30	-	-	100	0
20-27/09	17 et 23	35	23	-	100	100	0
26/10	13	12	0	-	-	-	0
15/12		30	0	0	-	-	0

1 Tous les individus avaient au moins une blessure cicatrisée.
2 Comprend 40 individus morts ou faibles et 10 individus en forme.

Nous avons d'abord étudié l'effet de ce troisième facteur dans les conditions retrouvées dans la lagune de Havre-aux-Maisons. Stewart et Rabin (1970) ont déjà établi la relation entre le temps de survie de homards infestés et la température de l'eau, mais ils l'ont fait pour des conditions constantes. Afin d'estimer le temps de survie dans les conditions de température variables de la lagune, nous avons postulé qu'à chaque jour, un homard contaminé voit sa vie raccourcir d'un certain pourcentage proportionnel à la température de l'eau ce jour-là. Ce pourcentage est égal à $100/\Delta_c$, Δ_c étant le temps de survie (en jours) du homard s'il était gardé en conditions constantes, à la température de l'eau prévalant le jour en question. Ainsi, selon ce modèle, le temps de survie étant d'environ 4 jours à 18°C, la vie d'un homard contaminé est réduite de 25% les jours où la température est de 18°C.

Un homard contaminé mourra lorsque sa vie sera raccourcie de 100%, c'est-à-dire lorsque:

$$\int_{J_o}^{J_o + \Delta_v} \frac{100}{\Delta_c(t)}\, dt = 100$$

où:

J_o : est le jour de contamination;

Δ_v : est le temps de survie dans les conditions de températures variables de la lagune;

$\Delta_c(t)$: est le temps de survie en condition de température constante (qui varie selon la date).

La variable $\Delta_c(t)$ a été calculée pour chaque jour en utilisant les données de température de la Fig. 10 et la courbe de Stewart et Rabin (1970) (Fig. 20). Pour la période précédant l'entrée en élevage, nous avons utilisé les données de température des eaux superficielles à Gros-Cap (Québec, 1953). Nous avons ensuite estimé le temps de survie (i.e. la date de la mort) du homard contaminé en fonction de la date de contamination en déterminant pour quel intervalle (Δ_v) l'intégration de la fonction $100/\Delta_c(t)$ était égale à 100. Enfin, nous avons reporté sur graphique les points (J_o, $J_o+\Delta_v$) pour établir la relation entre la date de contamination et la date de la mort (Fig. 21).

Sur cette figure, nous constatons d'abord qu'un homard contaminé avant la mise en élevage ne mourra probablement pas avant la hausse rapide de température du mois de juin. La date de première mortalité du homard contaminé avant l'entrée en élevage varie selon le groupe de homard considéré parce que notre modèle tient compte de la différence de température entre le lieu de provenance du homard et la lagune du Havre-aux-Maisons, l'eau de la lagune étant plus chaude en mai et juin (Auclair 1977). Toujours d'après la figure, le homard contaminé après le mois de septembre ne mourra que le printemps suivant. Les creux et les crêtes dans la courbe de la Fig. 21 correspondent à ceux observés dans l'évolution de la température de l'eau (Fig. 9). Pour un taux de contamination constant au cours de l'année, le taux de mortalité à un moment donné au cours de l'élevage est inversement proportionnel à la pente de la courbe et, conséquemment, des pics de mortalité apparaissent à chaque point d'inflexion dans la courbe, soit immédiatement après l'entrée en élevage et les 29 juin, 14 juillet, 29 juillet, 14 août, 15 septembre et 22 septembre.

C'est ici que doivent entrer en ligne de compte les effets du deuxième facteur, soit le taux d'incidence des blessures. Bien que les données sur cette variable soient éparses, il y a des raisons de croire que le taux d'incidence des blessures avant l'entrée en élevage était faible, qu'il a augmenté rapidement à l'entrée en élevage pour demeurer élevé jusqu'en septembre et ensuite diminuer rapidement avec l'arrivée des eaux froides et l'amélioration des conditions d'élevage.

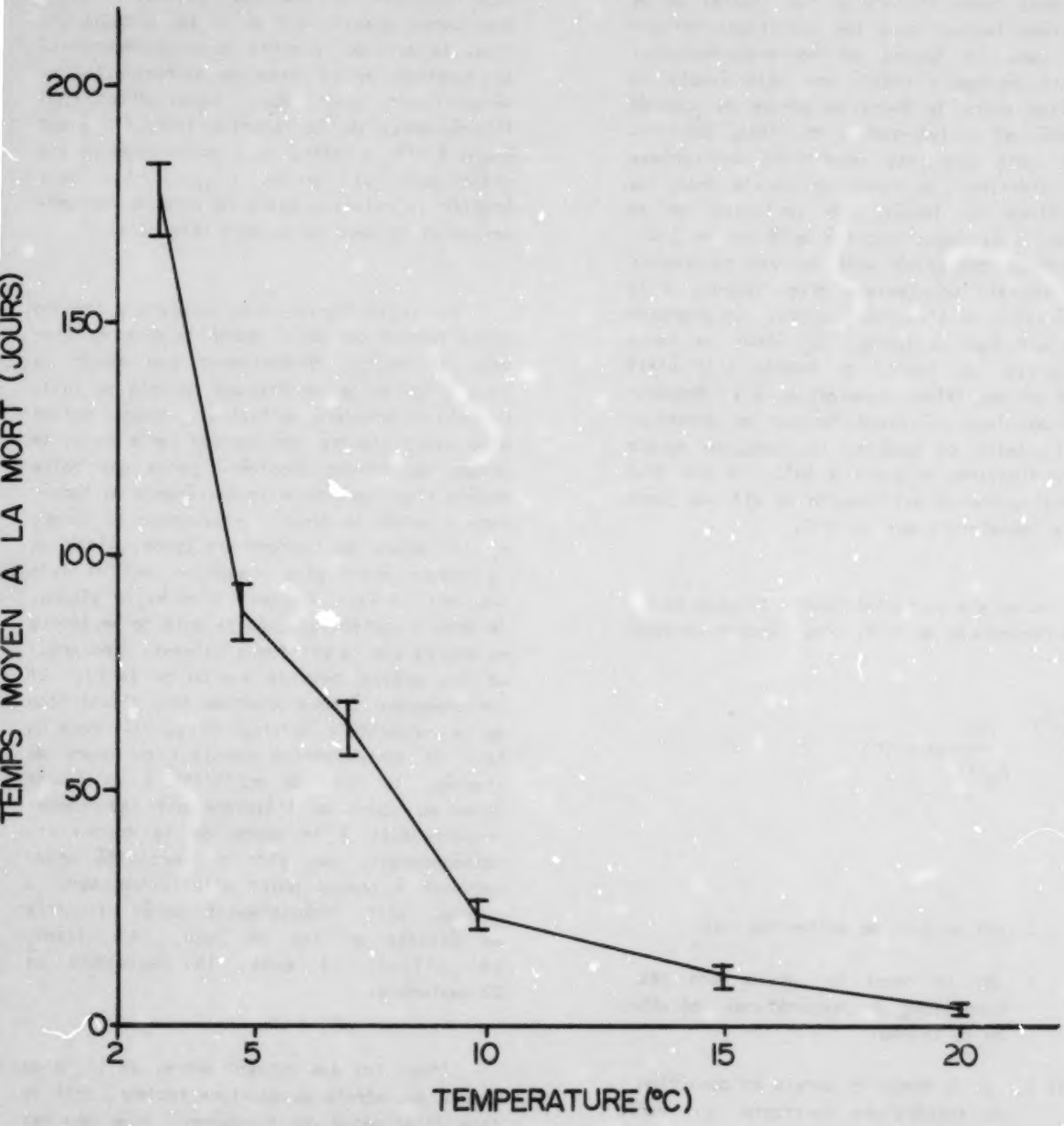


Figure 20: Temps à la mort de homards contaminés par la bactérie A. viridans en fonction de la température constante de l'eau dans laquelle ils étaient captifs (Tiré de Stewart et Rabin, 1970).

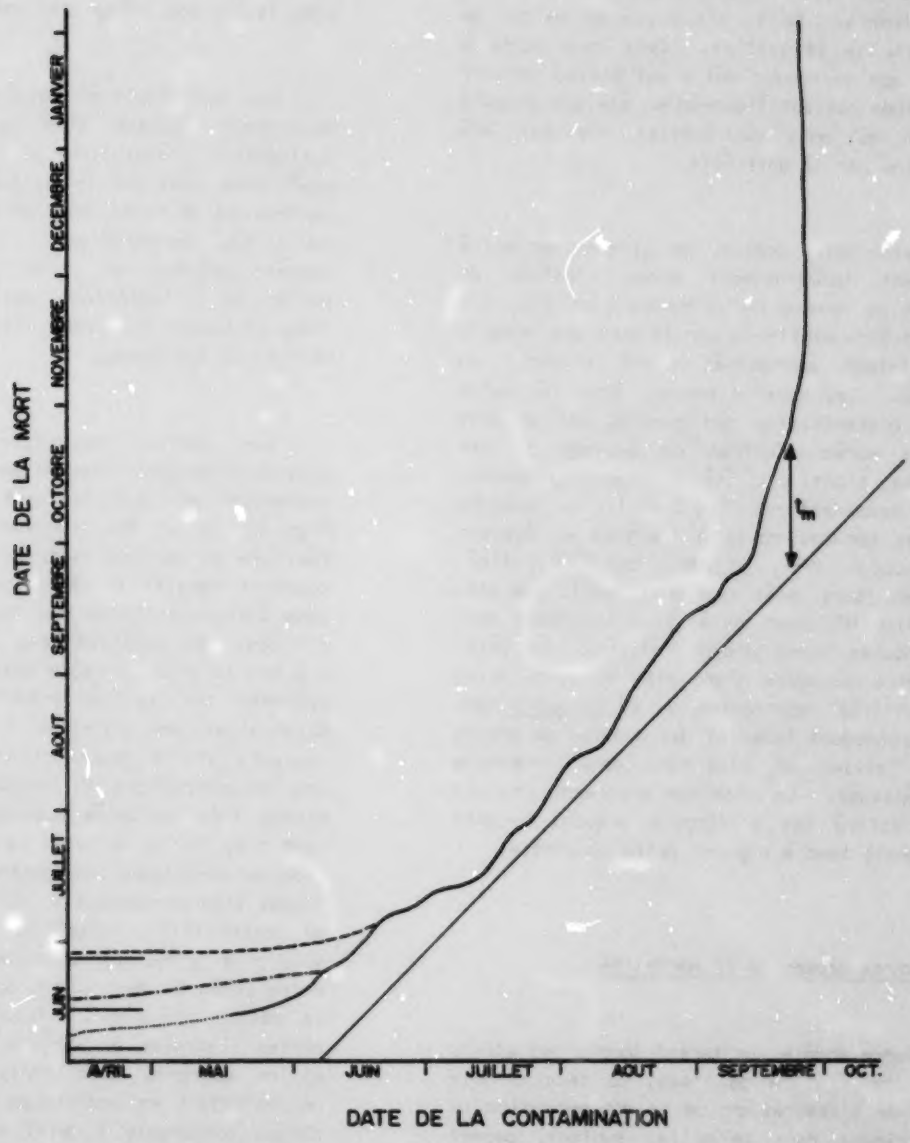


Figure 21: Date estimée de la mort de homards atteints de gaffkémie en fonction de la date de contamination, dans les conditions de température observées au site d'élevage en 1982 (estimation d'après le modèle décrit dans le texte). Les trois droites dans le coin inférieur gauche indiquent la date de la première mortalité pour le homard contaminé avant la mise en élevage: IPE: ---; IM-2: -.-.; IM-1: ....

Conséquemment, d'après notre modèle, si le taux de contamination du homard blessé avait été constant au début de la saison, les pics de mortalité les plus importants auraient dû apparaître les 14 juillet, 14 août et 15 septembre. Or il n'y a pas eu de pic de mortalité le 14 juillet. Cela nous porte à croire que le homard qui s'est blessé pendant la période suivant l'entrée en élevage jusqu'à la fin du mois de juillet n'a pas été contaminé par la gaffkémie.

Selon notre modèle, les pics de mortalité survenant immédiatement après l'entrée en élevage du homard (voir Annexe I et Fig. 17) peuvent être expliqués par la mort des homards qui étaient contaminés avant l'entrée en élevage. Ces homards peuvent être la source de la contamination des homards qui se sont blessés après l'entrée en élevage si les cadavres n'ont pas été retirés rapidement. Or, en examinant les Figs 8 et 17, on constate que les homards morts à l'entrée en élevage des groupes IM-1, et IM-2 ont été retirés quelques jours après leur mort tandis que ceux du groupe IPE sont restés plus longtemps dans les modules avant d'être retirés. Ce délai peut être la cause d'une mise en circulation de quantités importantes de A. viridans dans l'environnement immédiat des modules du groupe IPE en juillet, et, plus tard, dans l'ensemble de l'élevage. Le décalage progressif du pic de mortalité des différents groupes pendant l'épidémie tend à appuyer cette hypothèse.

2.5 Autres causes de la mortalité

Notre modèle, en tenant compte des effets de la température de l'eau, du taux d'incidence de blessures et de la concentration de A. viridans dans le milieu ambiant, permet d'expliquer une bonne partie de la mortalité observée pendant la saison d'élevage. Cependant, d'autres facteurs peuvent affecter la susceptibilité du homard à la gaffkémie ou être responsables d'une mortalité indépendante de la maladie. Stewart, Zwicker et al. (1972) ont démontré qu'un homard bien nourri mourra deux à cinq fois plus rapidement qu'un animal qui a jeûné pendant plusieurs mois en raison de la faible concentration de protéines dans le sang de ces derniers. Ceci peut expliquer en partie pourquoi la mortalité en juillet est plus faible que prévue par notre modèle.

Les conditions en oxygène dissous et en ammoniaque peuvent être des facteurs qui influencent l'évolution de la maladie. Une expérience réalisée le 30 août (Tabl. 6), en période de courants très faibles et de forte mortalité, démontre que la concentration en oxygène dissous est plus faible dans les paniers qu'à l'extérieur, mais qu'elle demeure bien au-dessus du niveau létal (de 1 ppm) en conditions optimales.

Les séries temporelles de variables physico-chimiques obtenues dans les casiers en septembre et octobre sont présentées aux Figs 22, 23 et 24. La première série a été réalisée en période de température élevée, de courants faibles et de concentration en oxygène dissous à l'extérieur du module d'environ 8,5 ppm. On constate dans cette série qu'il y a une relation directe entre la vitesse des courants et la concentration en oxygène dissous et une relation inverse entre les courants et la concentration en ammoniaque. Les concentrations en oxygène atteignent un niveau très bas après quelques heures de courant très faible ou nul. Le pic de concentration en ammoniaque par contre correspond à un niveau bien en-dessous du niveau létal (Sastry et Laczak 1975), malgré le fait qu'il soit 8 fois plus grand que la concentration maximale enregistrée en dehors des modules au cours de la saison d'élevage. Dans les deux autres séries réalisées en période d'eau plus froide et de courants plus forts et stables, la concentration en ammoniaque se maintient à un niveau comparable à celui enregistré à l'extérieur des modules et la concentration en oxygène dissous demeure à un niveau plus acceptable. Ces résultats suggèrent que la concentration en oxygène dissous dans les paniers pendant la période de vents faibles du sud-ouest, au mois d'août, a peut-être atteint le niveau létal.

Tableau 6: Température moyenne, concentration moyenne en oxygène dissous et nombre d'observations (entre parenthèses) à l'extérieur et à l'intérieur du module expérimental le 30 août 1982. (Données du courantomètre: Jour 242; 13 h - 14 h; 15,7 - 15,8°C; 30,4$^{0}/_{00}$; 1,5 - 2,6 cm/sec.)

	Extérieur du module	Intérieur du module		
		4 homards par casier avec séparation en bois	6 homards par casier	8 homards par casier
Température	15,6 (3)	15,2 (7)	15,2 (4)	15,2 (7)
Oxygène dissous ppm	9,9 (3)	7,1 (7)	6,0 (4)	5,9 (7)

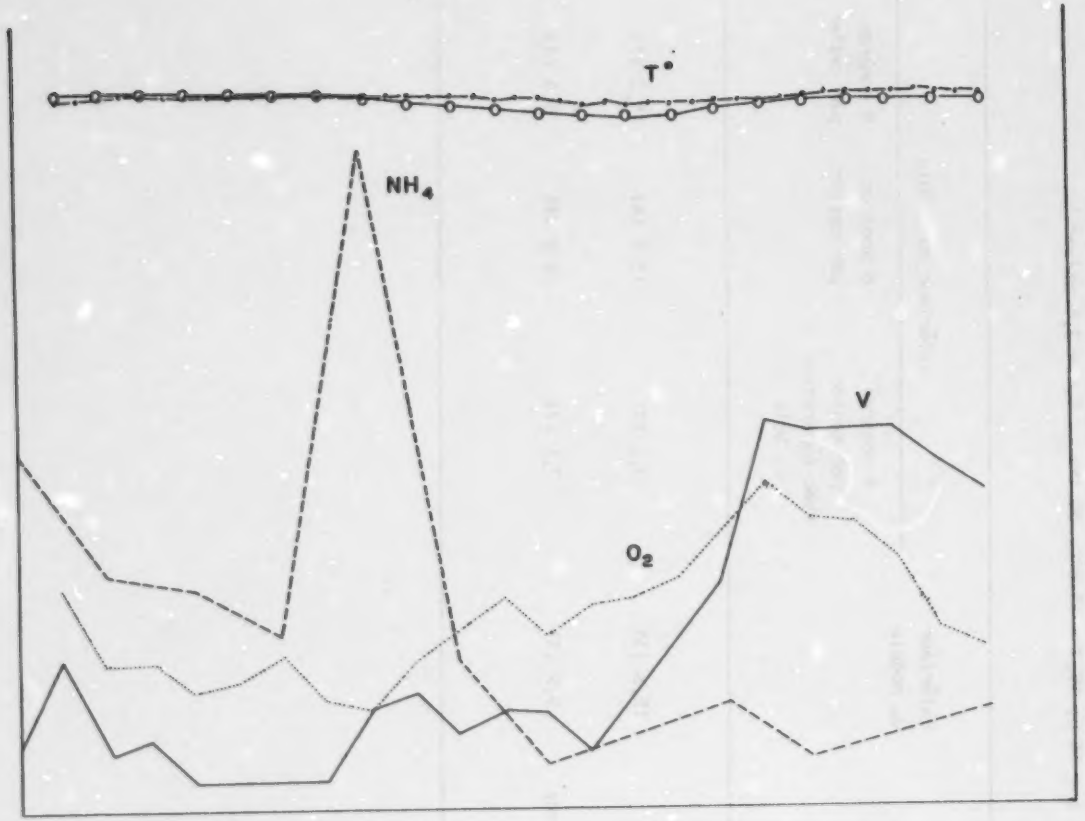


Figure 22: Évolution de la température de l'eau (.-.-.) et de la vitesse des courants (—) en dehors des modules (courantomètre) ainsi que de la température de l'eau (o-o-o), de la concentration en oxygène dissous (...) et de la concentration en ammoniaque (---) dans un casier situé au centre d'un module, les 6 et 7 septembre 1982.

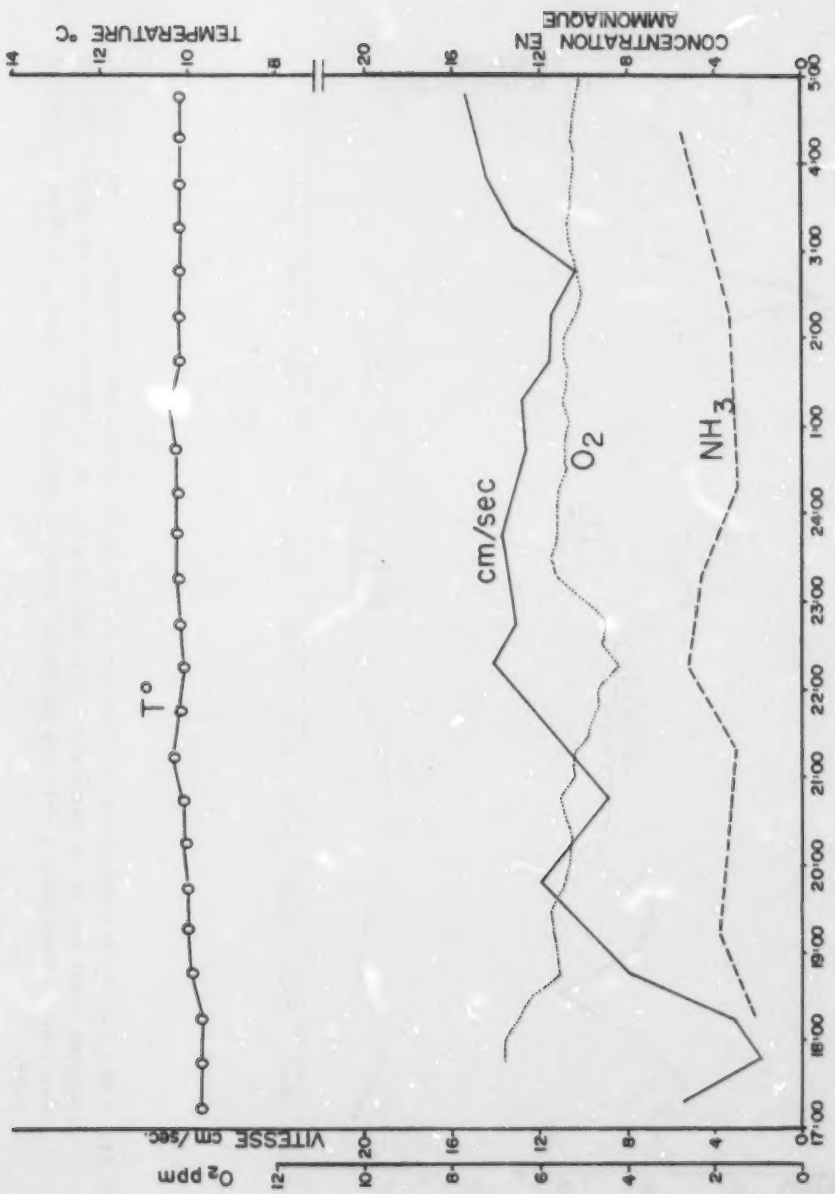


Figure 23: Évolution de la température de l'eau (o-o-o), de la concentration en oxygène dissous (...) et de la concentration en ammoniaque (---) dans un casier situé au centre d'un module ainsi que de la vitesse des courants dans l'aire d'élevage (—), du 30 septembre au 1er octobre 1982.

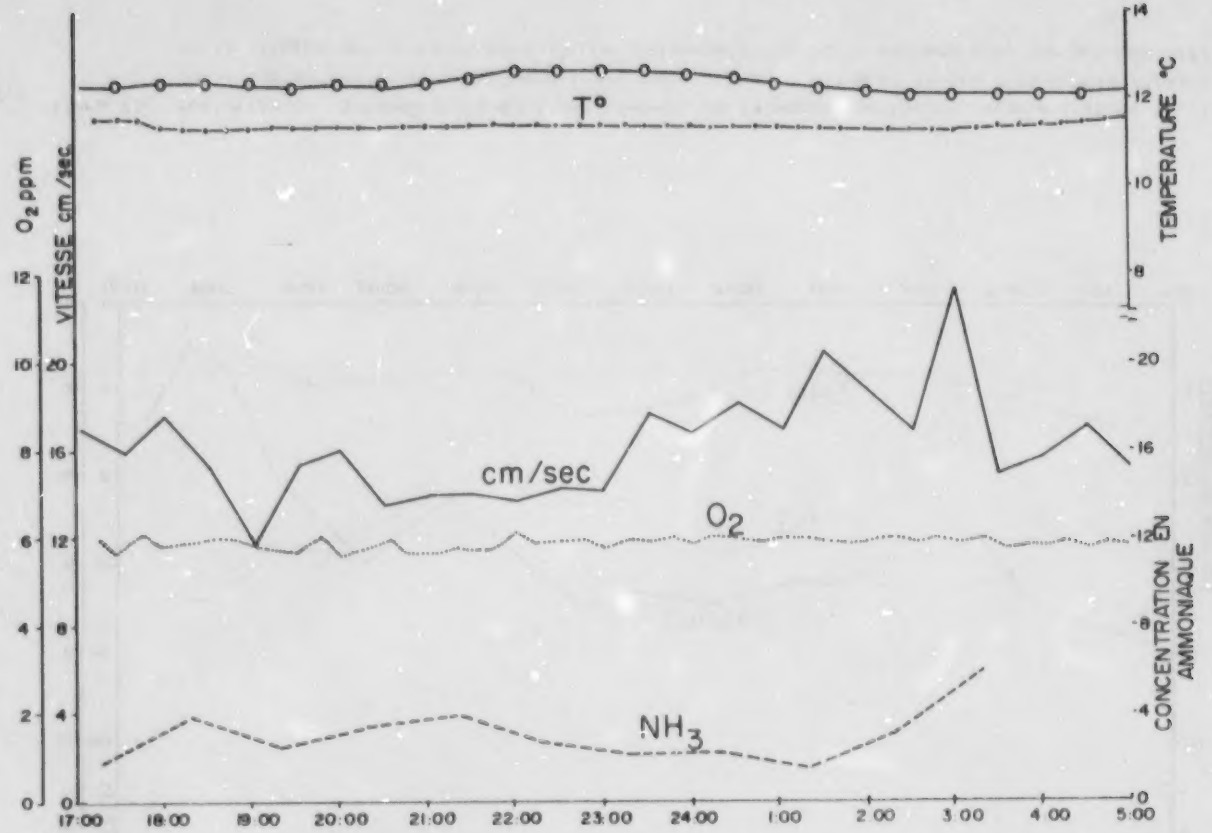


Figure 24: Évolution de la température de l'eau (.-.-.) et de la vitesse des courants (—) en dehors des modules ainsi que de la température de l'eau (o-o-o), de la concentration en oxygène dissous (...) et en ammoniaque (---) dans un panier situé au centre d'un module, du 14 au 15 octobre 1982.

Enfin, il est possible qu'une partie de la mortalité soit attribuable aux longues périodes d'émersion auxquelles les homards qui viennent de muer ont été soumis au début de l'élevage.

2.6 Autres causes de pertes

La disparition du homard entre deux visites était très élevée au début de l'élevage et a considérablement diminué avec l'immobilisation des pinces par des élastiques (voir Fig. 4). Les disparitions sont attribuables au fait que le homard se servait de ses pinces pour couper les bandelettes de plastique qui obstruaient les ouvertures sur les côtés des paniers.

3. Mue

Le taux journalier de mue a été calculé d'une façon similaire à celle décrite pour la mortalité. Au début de la saison, alors que les visites étaient peu fréquentes, le nombre de homards ayant mué entre deux visites a été estimé en dénombrant le nombre de homards à carapace molle. À partir de septembre, seuls les homards en présence de leur exuvie ou d'une partie de leur exuvie ont été dénombrés en prenant soin de retirer les parties d'exuvie susceptibles de ne pas être ingérées par le homard (pinces) avant la prochaine visite. Les résultats sont présentés à la Fig. 25. Au cours de la saison, il y a deux périodes de mue séparées par l'épidémie de gaffkémie. La mue ne débute pas avant le 1er juillet, alors que la température atteint 14°C. Encore ici, les trois groupes de homards ne sont pas tout à fait en phase, la mue chez le groupe IM-2 étant un peu plus importante que dans les autres groupes et se produisant en moyenne un peu plus tôt. Le homard de l'Île-du-Prince-Édouard de son côté a mué en moyenne un peu plus tard que le homard des Îles-de-la-Madeleine.

Nous n'avons pas pu vérifier avec certitude si les homards de l'élevage pouvaient avoir mué plus d'une fois. Dans le module expérimental, où chaque individu était suivi, seulement quelques-uns ont mué deux fois.

Le nombre de homards encore en élevage et ayant mué a été estimé en supposant que le nombre d'individus qui ont mué deux fois a été très faible et que les individus qui ont mué meurent au même rythme que les autres. Les résultats présentés à la Fig. 26 montrent qu'environ 70% des individus qui ont survécu jusqu'en décembre avaient mué et que, de ces homards, au-dessus de 50% auraient mué après le 1er octobre.

Les données ne nous permettent pas de déterminer si la baisse du taux de mue pendant le mois d'août est attribuable à l'épidémie ou à un facteur indépendant de la maladie de la gaffkémie. Aucun indice de mortalité pendant le processus de mue n'a été décelé au cours des inspections de routine réalisées pendant cette période. L'hypothèse la moins optimiste est qu'en raison des conditions physico-chimiques du mois d'août, la mue a été retardée jusqu'à ce que les conditions normales reviennent à la fin du mois de septembre.

4. Apports naturels de nourriture

En plus de la nourriture fournie au homard à chaque visite, nos observations montrent que celui-ci se nourrissait aussi des organismes qui se fixent sur les paniers d'élevage. Les épibiontes sur les paniers d'élevage au cours de la saison appartiennent aux 16 groupes taxonomiques suivants: Algues, Zostères, Porifères, Hydrozoaires, Hydroméduses, Némertes, Bryozoaires, Brachiopodes, Gastéropodes (Littorina littorea), Pélécypodes (Mytilus edulis et Spisula solidissima), Polychètes (Spirorbis sp. et autres), Copépodes, Isopodes, Amphipodes, Acariens et Ascidies.

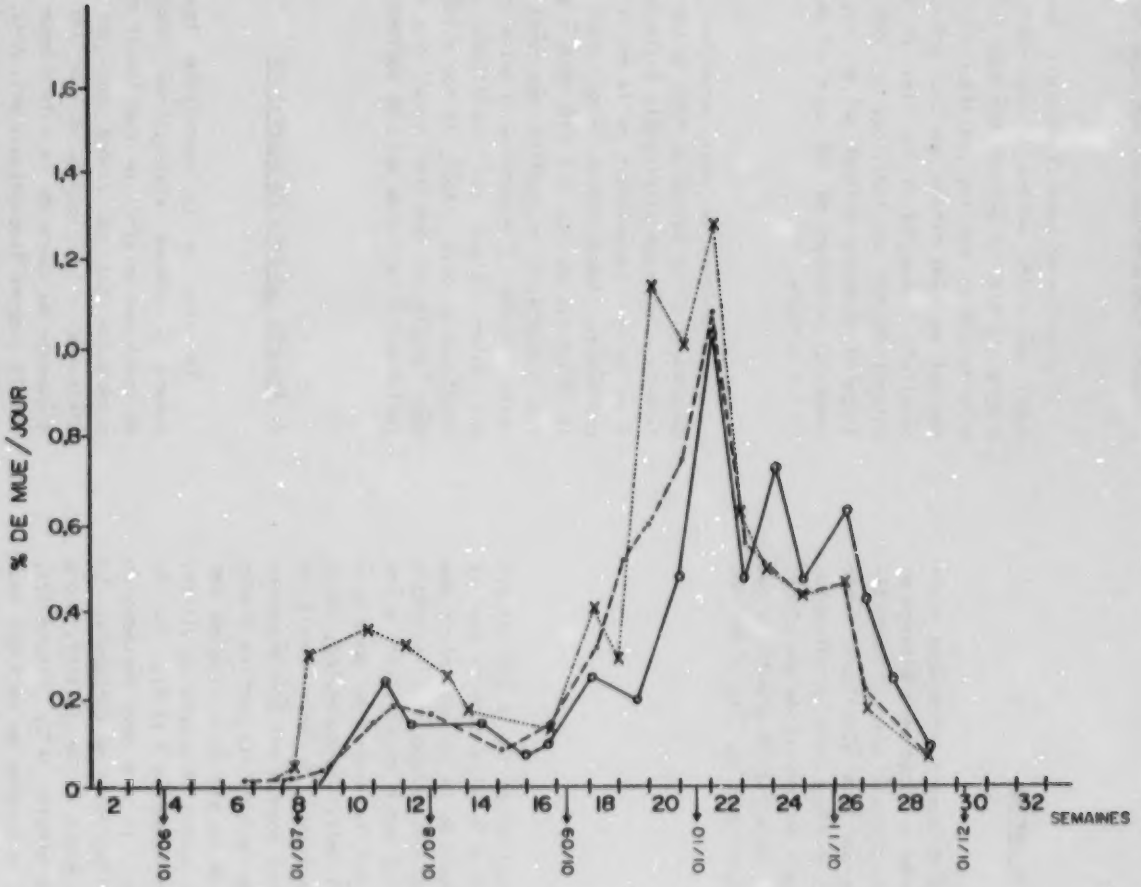


Figure 25: Évolution du pourcentage journalier de mue pour les homards des groupes IM-1 (----), IM-2 (....), et IPE (—) au cours de la saison d'élevage 1982.

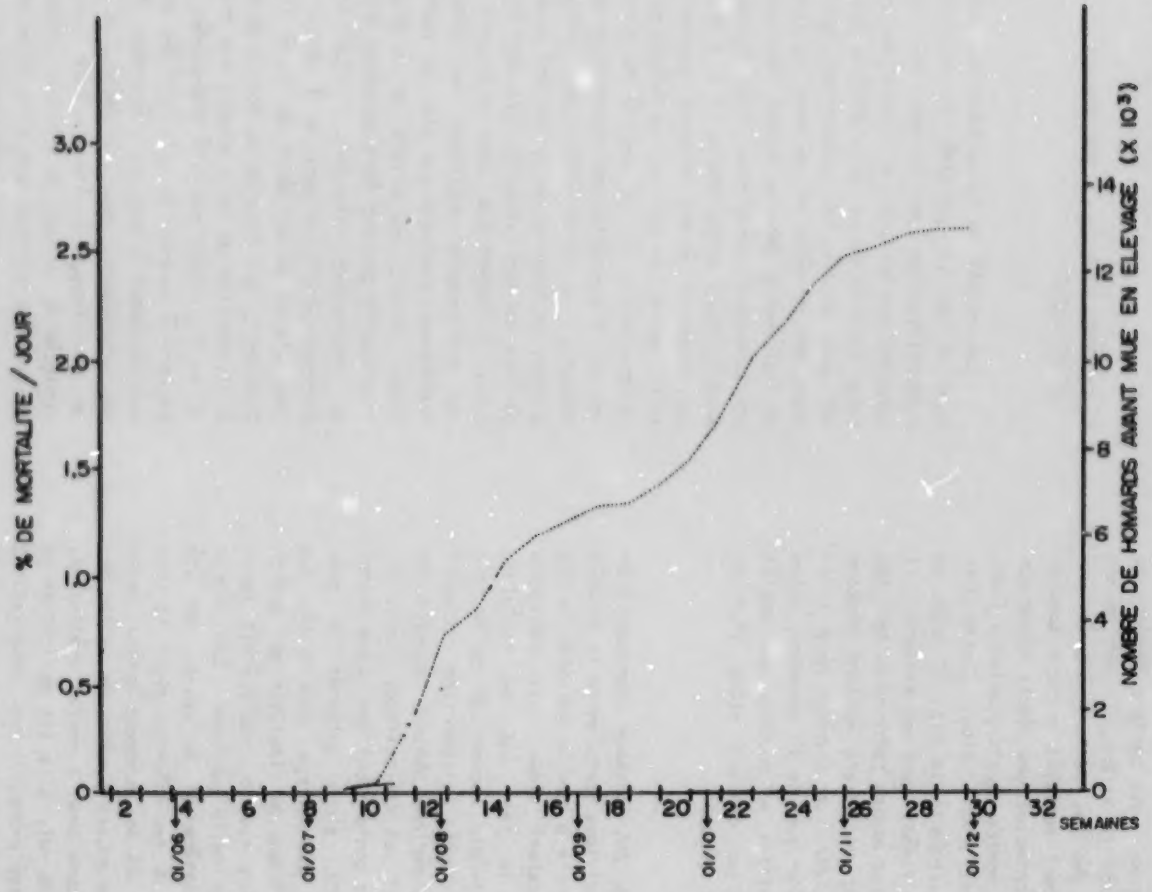


Figure 26: Évolution au cours de la saison 1982 du nombre estimé de homards ayant mué et encore vivants dans l'élevage.

Les groupes dominants du point de vue de la biomasse sont les Hydrozoaires, les Pélécypodes et les Ascidies.

Lors de l'examen des paniers pendant la deuxième partie de la saison, il est apparu très clairement que les paniers occupés par les homards étaient nettoyés presque complètement des épibiontes et des débris alors que les paniers sans homard depuis plusieurs jours étaient recouverts d'épibiontes. Cette différence est illustrée à la Fig. 27 pour le nombre de moules fixées dans les paniers. Il est à noter que les moules retrouvées dans les paniers contenant un homard étaient presque toujours fixées dans un endroit hors d'atteinte du homard et que, le 15 novembre, elles étaient plus petites en moyenne que celles attachées dans les paniers vides (7,6 mm contre 9,0 mm de longueur).

L'analyse de 266 contenus stomacaux prélevés sur des individus morts entre la mi-août et la fin septembre a révélé que plus de 68% des estomacs étaient vides. Le phénomène s'explique par le fait que les individus atteints de gaffkémie cessent de se nourrir quelques jours après l'infection (Stewart 1975). Pour la période pendant laquelle les homards n'avaient pas d'élastiques (Tabl. 7), 25% des estomacs contenaient une pièce anatomique du homard, alors qu'après la pose d'élastiques le pourcentage tombe à 4%. La présence de morceaux de plastique est probablement un indice que le homard était sous-alimenté pendant cette période. Les débris d'algues, de zostère et de moules ont été retrouvés dans 3% des estomacs avant la pose d'élastiques et 18% des estomacs après. Selon Côté (1976), les moules pondent de la fin mai à la fin septembre avec 3 maxima d'émission, soit à la fin de mai, à la fin de juillet et au début de septembre. Nos observations indiquent que la fixation des larves se fait plusieurs semaines après la ponte et les apports de nourriture sous forme de moules fixées seraient importants en juillet, fin août - début septembre et en octobre.

RÉSULTATS

DEUXIÈME PARTIE
EXPÉRIENCES POUR DÉTERMINER LES CONDITIONS OPTIMALES D'ÉLEVAGE

A. FACTEURS ÉTUDIÉS ET TRAITEMENTS STATISTIQUES

Les effets de la surface des casiers, du type et de la quantité de nourriture, de l'immobilisation des pinces, de l'isolation complète des homards, de l'ablation des pédoncules oculaires et de l'origine des homards ont été étudiés en soumettant des groupes homogènes de mâles et de femelles à une série de traitements dans un module identique à ceux utilisés pour l'élevage. Pour chaque facteur étudié, nous avons choisi 2 à 4 traitements correspondant à des niveaux susceptibles de faire varier la survie, la fréquence de mue, la croissance et la qualité du homard. Le Tableau 8 présente une description des traitements, les caractéristiques initiales des groupes de homards qui y ont été soumis et la période pendant laquelle ils ont été appliqués. On notera que, dans la plupart des cas, les traitements appliqués ne diffèrent du traitement standard que pour un facteur à la fois. Ainsi, les effets de la plupart des traitements peuvent être comparés directement au traitement standard. Le traitement standard était comparable à celui appliqué dans l'élevage au début de l'été (Tabl. 9). Cependant, les homards du module expérimental à l'exception de ceux soumis aux traitements 10 et 11, n'ont pas été transférés dans des casiers à cadres de bois divisés en quatre, contrairement à ceux de l'élevage. Pour tous les traitements, sauf le jeûne, la fréquence de nourrissage a été la même, soit celle indiquée à la Fig. 8. Enfin, précisons que pendant la période entre la mise en élevage du homard du module expérimental (18 juin) et le début de chacun des traitements, tous les individus ont subi le même traitement.

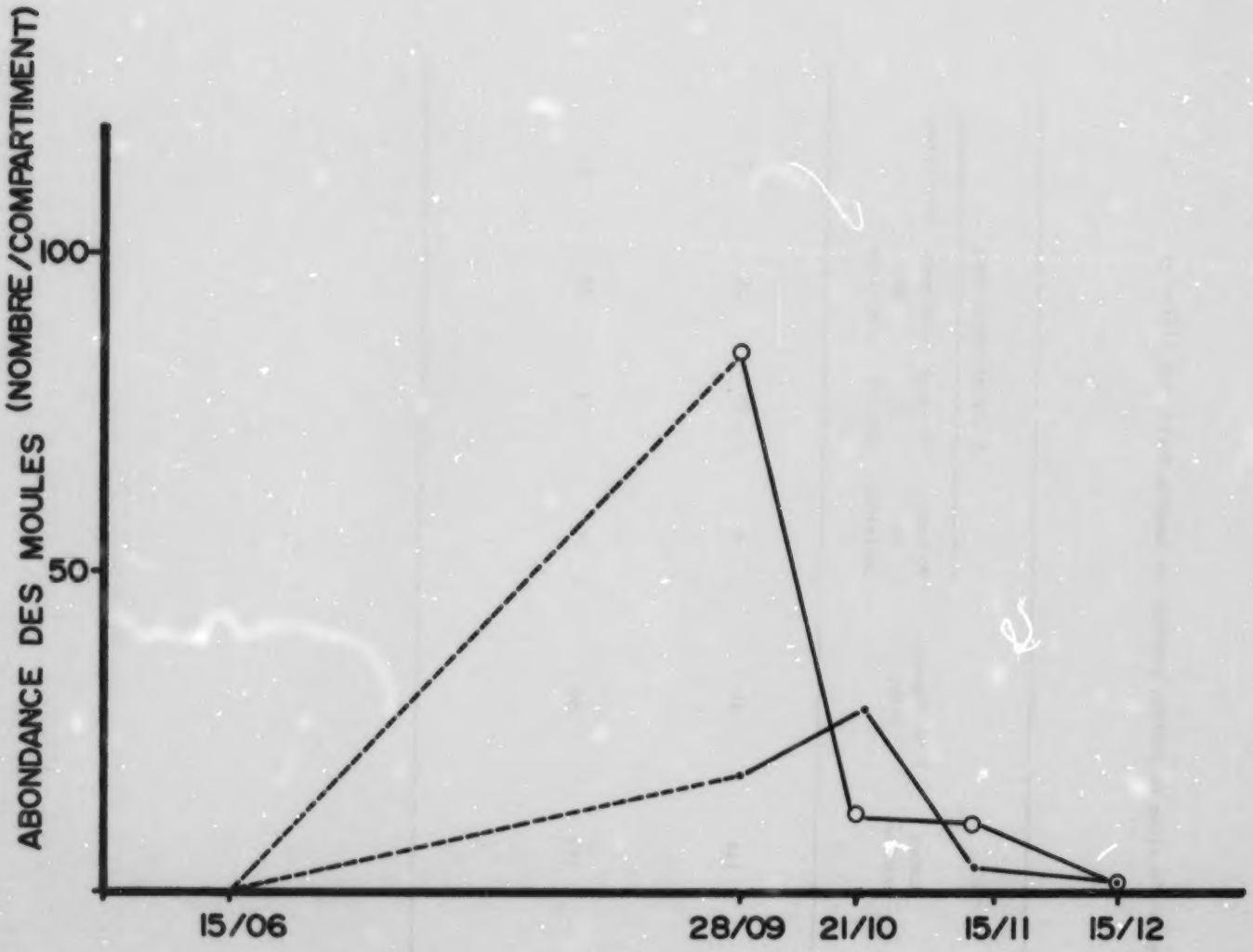


Figure 27: Évolution de l'abondance moyenne de moules fixées entre deux échantillonnages, sur des casiers occupés par un homard (.-.) et dans des casiers vides (o-o) au cours de la saison d'élevage.

Tableau 7: Résultats de l'analyse du contenu stomacal de homards morts dans l'élevage.

Date de la mort	Nombre examiné	% d'estomacs vides	% des estomacs avec			
			Morceaux de boulettes	Morceaux de homards	Morceaux de plastique	Épibiontes
Du 16/08 au 30/08; avant la pose d'élastiques sur les pinces	144	43	4	30	25	3
Du 31/08 au 30/09; après la poste d'élastiques sur les pinces	152	68	5	4	15	12

Tableau 8: Description des différents traitements testés et caractéristiques initiales des homards soumis à chacun des traitements.

Facteur	No du traitement	Différence de traitement par rapport au standard	Période (date/mois)	Mâles			Femelles		
				Nombre initial	Longueur initiale $\bar{x}$ (mm)	Poids initial $\bar{x}$ (g)	Nombre initial	Longueur initiale $\bar{x}$ (mm)	Poids initial $\bar{x}$ (g)
Standard	1	Nil	18/06 - 15/12	178	78,7	389	234	78,2	402
Espace	2	8 homards par casier	18/06 - 15/12	64	77,8	371	56	78,0	384
	3	4 homards par casier	18/06 - 15/12	29	78,2	380	28	78,0	398
Type de nourriture	4	Crabe	17/08 - 15/12	78	78,6	377	85	77,9	381
	5	Résidus de pétoncles	17/08 - 15/12	20	80,1	364	32	78,2	394
Quantité de nourriture	6	Jeûne	18/06 - 15/12	22	77,7	411	18	77,9	358
	7	2 boulettes/visite	06/08 - 15/12	31	78,1	383	34	77,4	385
	8	3 boulettes/visite	06/08 - 15/12	64	78,0	392	63	77,3	397
Immobilisation des pinces	9	Sans élastiques	06/08 - 15/12	30	77,8	385	26	78,8	370
Isolation des homards	10	♂ cadre de bois et 4 homards par casier	17/08 - 15/12	39	79,1	390	—	—	—
	11	♀ cadre de bois, 4 homards par casier et IPE	04/09 - 15/12	—	—	—	25	70,3	269
Origine du homard	12	Gros-Cap	04/09 - 15/12	23	78,5	397	25	78,0	410
	13	Ile-du-Prince-Edouard	04/09 - 15/12	18	73,8	310	33	72,3	312

Tableau 9: Description des conditions standards (traitement standard).

Facteur	Traitement appliqué
Espace	6 homards par casier (0,06 m^2 par homard)
Type de nourriture	Boulettes préfabriquées
Quantité de nourriture	1 boulette par visite
Immobilisation des pinces	Pinces immobilisées par des élastiques
Isolation des homards	Homards pas totalement isolés: compartiments délimités par des séparations en polypropylène et ouverture dans les coins du panier bloquées avec des bandelettes de polypropylène
Origine des homards	Havre-aux-Maisons (Delaney)

Plusieurs paramètres ont été utilisés pour comparer les traitements. Une liste en est donnée au Tableau 10 avec leur définition. Pour un facteur donné, les différents traitements ont été comparés entre eux à l'aide de tests statistiques non paramétriques. Des tests d'indépendance (test de G; Sokal et Rohlf 1969) ont été utilisés pour comparer les paramètres exprimés en pourcentage comme la survie et la fréquence de mue. Des tests à posteriori (tests d'égalité des pourcentages ou test du G avec correction de Yates; Sokal et Rohlf 1969) ont été réalisés lorsque les premiers tests décelaient un effet significatif du traitement, du sexe ou de l'interaction entre les deux. Pour comparer les traitements à l'aide des paramètres exprimés sous forme de moyennes, nous avons utilisé le test de rang de Kruskall-Wallis (Conover 1980). Les tests a posteri consistaient en comparaisons multiples par paires (Conover 1980).

B. EFFETS DES DIFFÉRENTS FACTEURS SUR LA SURVIE, LA CROISSANCE ET LA QUALITÉ DU HOMARD

1. Facteurs indépendants des traitements

1.1 Taille initiale des homards

Bien que l'intervalle de taille des homards choisis pour les expériences soit restreint, il y a une régression significative entre le gain en longueur à la mue et la taille initiale du homard (Fig. 28). Les données pour les mâles de l'IPE ne sont pas assez abondantes pour établir la relation. Ce type de relation a aussi été observé pour les homards capturés dans les lagunes par Munro et Therriault (1981, 1983). Cette relation entre les deux variables signifie que les effets des différents traitements sur la croissance du homard ne peuvent être comparés que si les groupes de homards avaient la même taille. Ceci a été vérifié pour l'ensemble des traitements et aucune différence significative n'a été retrouvée entre les groupes sauf lorsque les homards de l'Île-du-Prince-Édouard étaient comparés à ceux des Îles-de-la-Madeleine. Aucune régression significative ($P > 0,05$) n'a été retrouvée entre la taille initiale des homards et la date de mue.

1.2 Date de mue

La mue des homards des Îles-de-la-Madeleine s'est échelonnée de juillet à décembre. Cet étalement permet d'analyser la relation entre la date de mue et la croissance, la survie et la qualité du homard. Une régression significative du second degré a été retrouvée entre l'augmentation de la taille à la mue et la date de mue pour les femelles des Îles-de-la-Madeleine (Fig. 29). Le gain en longueur est maximal pour les homards qui ont mué en octobre alors que la température de l'eau se situait entre 9° et 11°C, et est minimal pour ceux qui ont mué au mois d'août. Cette tendance concorde avec celle obtenue par McLeese (1972a, 1972b) pour des homards soumis à des températures constantes de 12, 17 et 21°C. La croissance à la mue serait aussi plus faible à des températures inférieures à 5°C qu'à 10°C. Dans le cas des mâles, la régression est non significative ($P > 0,05$) quoique la tendance soit la même. Pour le homard de l'Île-du-Prince-Édouard, dont la mue s'est produite presqu'exclusivement en automne, la régression linéaire n'est pas significative ($P > 0,05$) mais elle correspond à la partie automnale de la régression du second degré retrouvée pour les femelles des Îles-de-la-Madeleine.

Aucune régression significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre le gain en poids après la mue et la date de mue pour les différents types de homards. En éliminant l'effet de la taille initiale et du gain en longueur à la mue pour ne conserver que l'effet de la date de mue, on ne retrouve une régression significative ($P < 0,05$) que pour les femelles des Îles-de-la-Madeleine (Fig. 30). Pour les

Tableau 10: Définition des paramètres utilisés pour comparer les traitements.

Pourcentage de survie totale (ST)

$$ST = \frac{\text{nombre de homards survivant au 15 décembre}}{\text{nombre de homards au début du traitement}} \times 100$$

Pourcentage de survie des mués (SM)

$$SM = \frac{\text{nombre de homards ayant mué survivant au 15 décembre}}{\text{nombre de homards ayant mué depuis l'entrée en élevage}} \times 100$$

Pourcentage total de mue (MT)

$$MT = \frac{\text{nombre de homards ayant mué depuis l'entrée en élevage}}{\text{nombre de homards à l'entrée en élevage}} \times 100$$

Pourcentage final de mue (MF)

$$MF = \frac{\text{nombre de survivants au 15 décembre ayant mué}}{\text{nombre de survivants au 15 décembre}} \times 100$$

Date moyenne de mue (DM)

$$DM = \frac{\sum_{i=1}^{n} Di}{n}$$

où: Di est le nombre de jours entre la date de mue du ième homard et le 15 décembre;

et n est le nombre de homards ayant mué.

Pourcentage moyen de gain en longueur (GL)

$$GL = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{LO_i}{LH_i} \times 100$$

où LO_i est la longueur de la carapace pré-mue du ième homard;

LH_i est la longueur post-mue du ième homard;

et n est le nombre de homards ayant mué.

Pourcentage moyen de gain en poids (GPO)

$$GPO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{PO_i}{PM_i} \times 100$$

où: PO_i est le poids pré-mue du ième homard;

PM_i est le poids post-mue du ième homard au 15 décembre;

et n est le nombre de homards ayant mué.

Différence moyenne entre le pourcentage de gain en poids attendu et celui observé (DGP)

$$DGP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} GPA_i - GPO_i$$

où: GPA_i est le pourcentage de gain en poids attendu pour le ième homard;

et GPO_i est le pourcentage de gain en poids observé pour le ième homard.

$$GPA_i = \frac{\text{Antilog } (a + b\ (LO_i + GL_i)) - \text{Antilog } (a + b\ LO_i)}{\text{Antilog } (a + b\ LO_i)} \times 100$$

où: a et b sont les constantes de la régression longueur - poids pour le homard subissant le traitement (v. tabl. 11).

Autres paramètres utilisés

La condition physiologique et physique du homard en fin d'élevage (15 décembre) a été évaluée à l'aide des paramètres suivants:

- concentration moyenne de protéines dans l'hémolymphe;
- pourcentage des individus ayant perdu au moins une pince;
- pourcentage de femelles ovigères;
- pourcentage de femelles ayant résorbé leurs ovaires et ayant un abdomen noir;
- rendement moyen en chair (% du poids de l'animal vivant);
- pourcentage moyen d'humidité dans la chair;
- texture et couleur de la chair.

Tableau 11: Équations décrivant la relation entre la longueur de la carapace (L, en mm) et le poids (P, en g) des homards mâles et femelles provenant des Îles-de-la-Madeleine et de l'Île-du-Prince-Édouard.

Origine	Sexe	Relation longueur-poids	Source
IM Îles-de-la-Madeleine	♂	Log P = 0,992 + 0,0203 L	Anonyme 1978
	♀	Log P = 1,203 + 0,0176 L	Anonyme 1978
IPE Île-du-Prince-Édouard (secteur sud)	♂	Log P = 1,530 + 0,0[illegible] L	Présente étude
	♀	Log P = 1,441 + 0,01[illegible]6 L	Présente étude

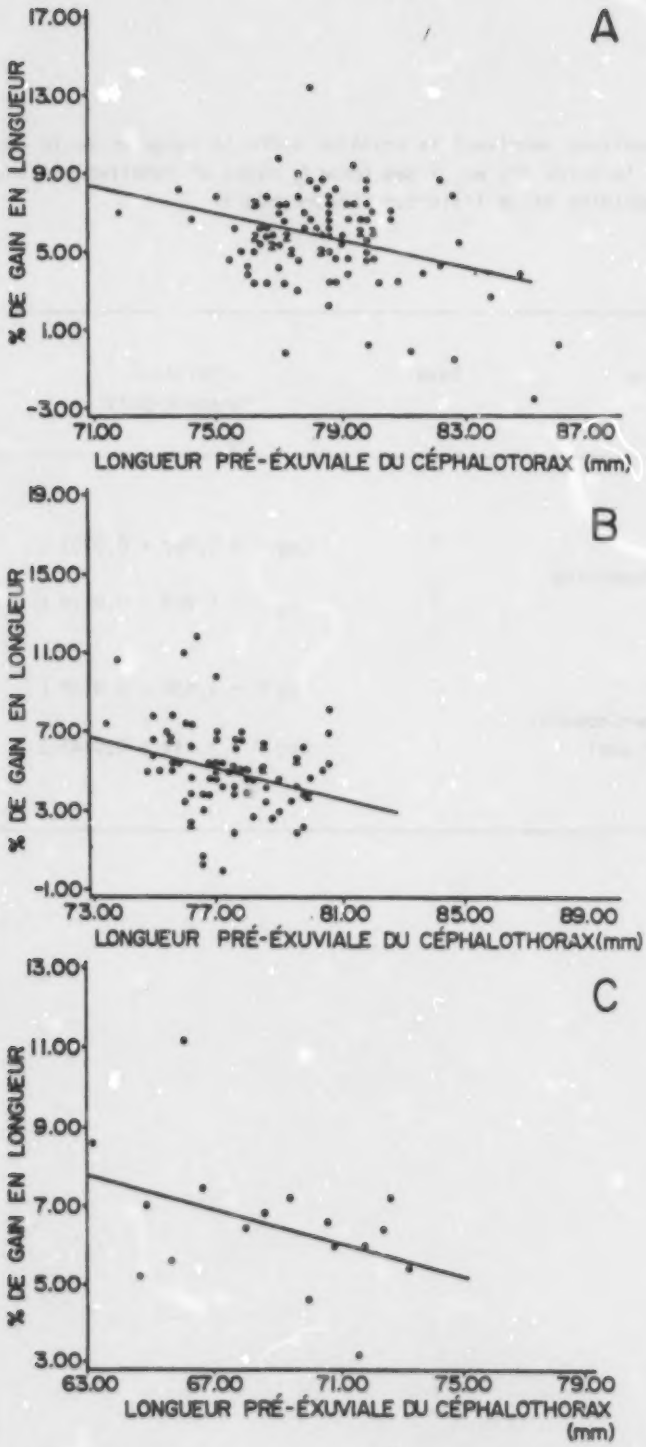


Figure 28: Relation entre le pourcentage de gain en longueur à la mue et la longueur pré-exuviale du céphalothorax pour les mâles (a) et les femelles (b) des Iles-de-la-Madeleine, et les femelles de l'Île-du-Prince-Édouard (c).

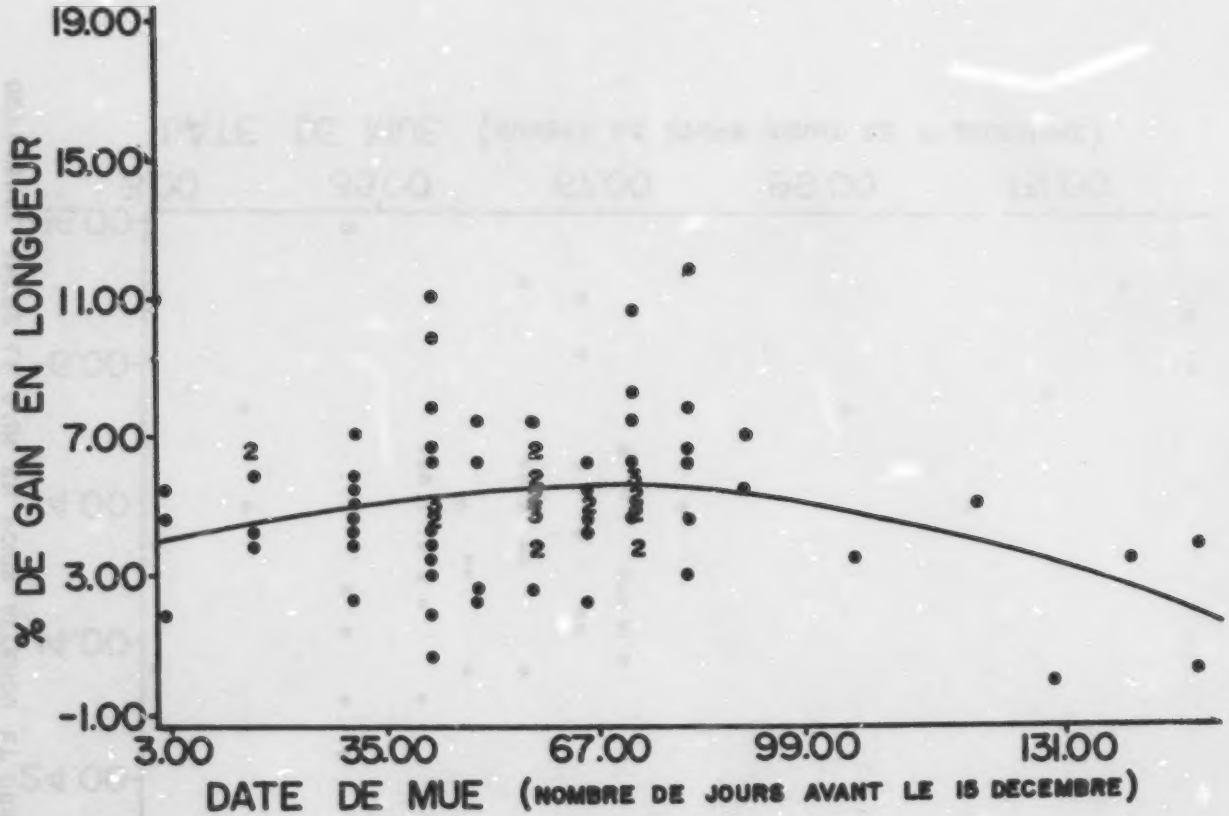


Figure 29: Relation entre le pourcentage de gain en longueur à la mue et la date de mue pour les homards femelles des Îles-de-la-Madeleine.

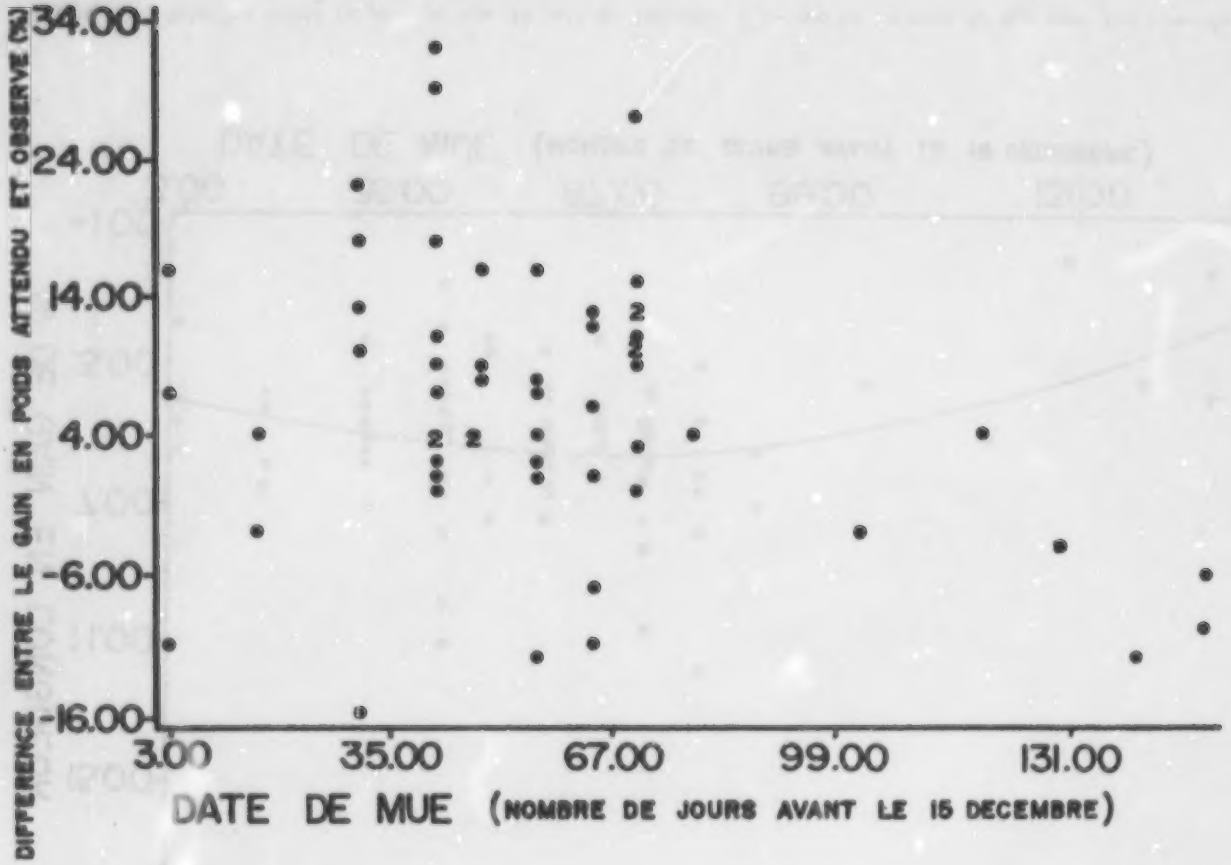


Figure 30: Relation entre la différence entre le gain en longueur attendu et celui observé, et la date de mue pour les homards femelles des Iles-de-la-Madeleine.

autres types de homards, ceux qui ont mué tôt n'ont pas pris significativement plus de poids au 15 décembre que ceux qui ont mué plus tard. Ceci concorderait avec les observations de Aiken (1980) qui concluait qu'après l'absorption d'eau juste après la mue, le poids d'un homard varie peu. Par contre, le cas des femelles des Îles-de-la-Madeleine semble particulier. Cependant, il faut préciser que ce sont les femelles qui ont mué en octobre qui ont pris le moins de poids par rapport au gain en longueur, et que ce sont ces mêmes femelles qui ont fait le plus grand gain en longueur à la mue. Il est donc possible que le degré de "remplissage" des femelles soit fonction du gain en longueur et non pas de la date de mue.

L'évolution du rendement en chair, du pourcentage d'eau dans la chair et de la concentration de protéines dans l'hémolymphe en fonction de la date de mue est présentée au Tableau 12. Les résultats indiquent que le rendement en chair est à son plus bas niveau pour les homards qui ont mué en septembre. Bishop et Castell (1978) ont aussi observé une baisse de ce paramètre à partir de la date de mue jusqu'à huit semaines après la mue, et l'attribuent à une baisse de la teneur en eau dans la chair et non à une vraie perte de chair. La concentration en protéines dans l'hémolymphe et la qualité organoleptique du homard augmentent considérablement avec le nombre de jours depuis la mue. Un homard ne serait de qualité acceptable que plusieurs semaines après la mue.

1.3 Sexe

Pour une taille pré-exuviale comparable, le gain en longueur à la mue des mâles est pratiquement le même que celui des femelles (Fig 28). Par contre, pour un accroissement en longueur comparable, l'accroissement en poids des mâles se rapproche plus de ce qu'on observe en nature que celui des femelles. Pour les femelles, il est beaucoup plus bas que l'accroissement prédit par la relation longueur-poids. Dans les expériences, les femelles ont mué moins fréquemment et plus tard que les mâles (Fig. 31).

1.4 Origine

Dans l'élevage, les homards de l'Île-du-Prince-Édouard ont mué moins fréquemment et plus tard que les homards des Îles-de-la-Madeleine. Les résultats obtenus pour les autres variables dans les expériences sont présentés au Tableau 13. On y remarquera que, bien que la taille des homards de l'Île-du-Prince-Édouard soit significativement plus petite que celle des autres groupes, leur gain en longueur à la mue n'est pas plus grand. Par contre, pour le gain en longueur réalisé, les homards de l'Île-du-Prince-Édouard ont gagné relativement plus de poids que les autres. Ceci est probablement attribuable à un meilleur nourrissage des homards de l'Île-du-Prince-Édouard en raison de leur plus petite taille.

Les deux groupes originant des Îles-de-la-Madeleine ne diffèrent que par l'accroissement de la taille à la mue des mâles et l'état des gonades des femelles au 15 décembre. La seule différence de traitement enregistrée entre ces deux groupes de homards est que les homards provenant de Gros-Cap ont été sélectionnés avec plus de soin avant la mise en élevage.

2. Facteurs reliés aux traitements

Le Tableau 14 donne le rendement global en poids obtenu pour chacun des traitements. Ce rendement correspond au nombre de grammes de homard obtenus au 15 décembre pour chaque gramme de homard présent dans l'élevage le 17 août. Le calcul a été réalisé en tenant compte du pourcentage de mortalité, du pourcentage des survivants au 15 décembre qui avaient mué et du pourcentage moyen de gain en poids à la mue. Cet indice ne tient pas

Tableau 12: Évolution de la qualité du homard à la fin de l'élevage en fonction de la date de mue.

Date de mue	Nombre de homards examinés	Pourcentage de chair sur le poids vivant $\bar{X}$	Pourcentage d'humidité dans la chair $\bar{X}$	Concentration de protéines dans l'hémolymphe (mg/ml) $\bar{X}$	% des individus ayant une chair de couleur et de texture acceptables
Décembre	1	18,0	79,9	16,0	0
Octobre	5	18,8	82,1	23,6	0
Septembre	5	16,2	81,3	25,6	40
Août	3	18,3	78,6	31,3	100
N'ont pas mué	11	18,8	77,7	37,6	91

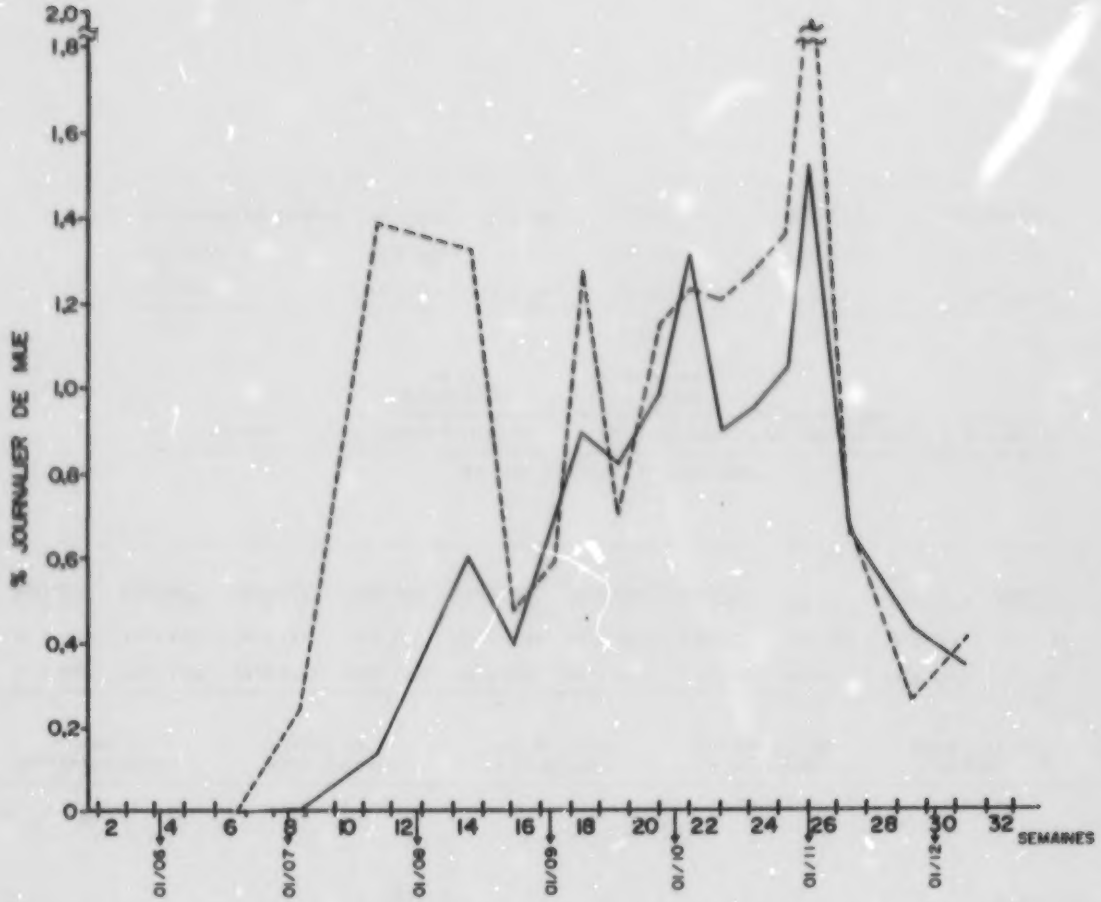


Figure 31: Évolution du taux journalier de mue dans le module expérimental (23) au cours de la saison 1982 pour les homards mâles (----) et femelles (—) des Îles-de-la-Madeleine.

leau 13: Résultats des expériences faisant varier l'origine du homard (valeurs moyennes sauf pour le pourcentage de survie; taille des échantillons entre parenthèses). Pour un paramètre donné, une différence significative ($P < 0.05$) entre les traitements (ici, origine du homard) est indiquée en soulignant suivant la convention suivante. Pour le deuxième traitement, un trait plein indique une différence avec le premier traitement. Pour le troisième traitement, deux traits pleins indiquent une différence avec les deux autres traitements, un trait plein indique une différence avec le premier traitement seulement, et un trait plein sous un trait pointillé indique une différence avec le deuxième traitement seulement.

Origine	Longueur initiale (mm)		Poids initial ($\times 10^1$ g)		% de survie (4/9 au 15/12)		% de gain en longueur à la mue		% de gain en poids à la mue		Différence entre gain en poids attendu et observé	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Delaney	78,7 (64)	78,2 (70)	38,9 (58)	40,2 (65)	77,0 (87)	84,5 (84)	5,2 (27)	5,4 (13)	13,3 (16)	4,2 (6)	2,1 (16)	10,4 (6)
Grse-Cap	78,5 (16)	78,0 (22)	39,7 (16)	41,0 (22)	65,2 (23)	88,0 (23)	8,5 (2)	5,8 (11)	16,0 (2)	2,1 (9)	6,6 (2)	14,5 (9)
Ile-du-Prince-Edouard	73,8 (16)	72,3 (31)	31,6 (16)	31,2 (31)	94,4 (18)	97,0 (33)	3,4 (2)	6,9 (7)	18,3 (2)	17,8 (6)	-4,8 (2)	5,1 (6)

QUALITÉ DU HOMARD LE 15 DÉCEMBRE

Origine	Concentration de protéines dans l'hémolymphe mg/ml		% des individus ayant perdu une pince pendant le traitement	% de femelles avec un abdomen noir	% de femelles ovigères
	♂	♀	♂ + ♀	♀	♀
Delaney	29,5 (52)	29,9 (7)	4,3 (133)	47,6 (63)	13,0 (63)
Grse-Cap	38,0 (11)	—	2,8 (37)	22,7 (22)	0 (22)
Ile-du-Prince-Edouard	28,2 (6)	32,9 (8)	0 (49)	40,6 (32)	12,4 (32)

Tableau 14: Rendement global en poids calculé pour les différents traitements auxquels ont été soumis les homards du 17 août au 15 décembre 1982.

Traitement	Rendement global en poids	
	♂	♀
Standard	0,62	0,67
Casiers de 0,04 m^2	0,70	0,74
Casiers de 0,08 m^2	0,73	0,67
Ration de crabe	0,56	0,44
Ration de pétoncles	0,48	0,61
Ration de 2 boulettes	0,80	0,79
Ration de 3 boulettes	0,62	0,65
Jeûne	0,51	0,96
Sans élastiques sur les pinces	0,38	0,37
Isolation des homards sans élastiques dans des casiers de 0,08 m^2	0,76	--

compte de la perte de pinces et de la qualité du homard en fin d'élevage. Le rendement est inférieur à 1,0 pour l'ensemble des traitements. Il aurait été encore beaucoup plus bas si les calculs avaient pu être faits à partir de l'entrée en élevage du homard (18 juin) et cela en raison de la très forte mortalité au mois d'août.

2.1 Surface des casiers

Les résultats des expériences (Tabl. 15) montrent que, dans les limites étudiées, la surface des casiers n'aurait pas d'effet sur la survie, la date de mue, le gain en longueur à la mue et la qualité du homard en fin d'élevage. Par contre, des différences significatives ont été retrouvées pour la fréquence de mue et le gain en poids après la mue. Les résultats sont cependant paradoxaux, le rendement global en poids étant meilleur avec une surface de casier de 0,04 et 0,08 m^2 qu'avec une surface de 0,06 m^2. Cela est peut-être attribuable au fait que le poids des homards dans les casiers de 0,04 m^2 était significativement plus faible que celui des autres groupes. Quoiqu'il en soit, il demeure que plusieurs déformations ont été observées sur les homards qui ont mué dans les petits casiers et que le rendement global n'a pas augmenté pour la peine en doublant la surface des casiers.

2.2 Type de nourriture

Dans les expériences sur le type de nourriture (Tabl. 16), le fait marquant est le comportement distinct des mâles et des femelles. Pour les mâles, aucune tendance permettant de recommander un type de nourriture plutôt qu'un autre ne se précise. Par exemple, la fréquence de mue avec la ration de pétoncles est relativement basse mais les individus qui ont mué survivent beaucoup plus que ceux qui n'ont pas mué. Aussi, le gain en poids avec la ration de crabe serait supérieur à celui des autres groupes, bien qu'avec cette ration, les homards auraient plus tendance à perdre leurs pinces.

Pour les femelles, les tendances sont aussi imprécises. En effet, la ration de pétoncles augmenterait la fréquence de mue mais retarderait la date de mue. La seule tendance marquée est que, en tenant compte de la relation directe qui existe entre la date de mue et le pourcentage de survie des mués, les rations de crabe et de pétoncles réduisent les chances de survie des femelles qui ont mué.

2.3 Quantité de nourriture

Une différence de rendement entre les mâles et les femelles ressort aussi des expériences faisant varier la quantité de nourriture fournie au homard (Tabl. 17). Le fait marquant dans les résultats est qu'un jeûne de près de 6 mois n'a pas affecté considérablement le rendement. Ce jeûne a cependant affecté la survie pendant la première partie de l'expérience (18/06 au 06/08) ainsi que la date de mue. Les mâles qui ont jeûné ont mué en moyenne plus tard que ceux qui ont été nourris. De plus, aucune tendance marquée n'indique que l'augmentation du volume des rations augmente le rendement global en poids. Cependant, les résultats suggèrent que la qualité du homard augmente avec l'augmentation du volume des rations. En interprétant ces résultats, il ne faut pas oublier que tous les homards ont jeûné pendant les 4 semaines suivant leur entrée en élevage.

2.4 Immobilisation des pinces

Contrairement aux autres facteurs, l'immobilisation des pinces par des élastiques a considérablement amélioré le rendement global

Tableau 15: Résultats des expériences faisant varier la surface des casiers (voir Tabl. 12 pour l'explication des symboles utilisés).

Traitement	% de survie		Fréquence de mue depuis l'entrée en élevage		% de survie des mués jusqu'au 15/12		% des survivants au 15/12 ayant mué		Date de mue (nombre de jours avant le 15/12) $\bar{x}$	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0,04 m²/homard	28,1 (64)	39,3 (56)	64,1 (64)	21,4 (56)	42,4 (42)	75,0 (12)	66,6 (18)	31,8 (22)	116,3 (41)	84,3 (12)
0,06 m²/homard	37,6 (178)	30,3 (234)	43,3 (178)	15,0 (234)	53,6 (69)	71,9 (32)	50,0 (70)	26,9 (63)	105,8 (77)	83,1 (35)
0,08 m²/homard	41,4 (29)	28,6 (28)	71,9 (32)	21,4 (28)	60,0 (20)	50,0 (6)	83,3 (12)	62,5 (8)	114,3 (23)	97,2 (6)

Traitement	% moyen de gain en longueur $\bar{x}$		% moyen de gain en poids $\bar{x}$		Différence entre le gain en poids attendu et observé $\bar{x}$		Concentration de protéines dans l'hémolymphe mg/ml $\bar{x}$		% des individus ayant perdu une pince pendant le traitement	% des femelles avec un abdomen noir	% de femelles ovigères
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂ + ♀		
0,04 m² 'homard	6,4 (12)	4,2 (9)	24,3 (11)	13,0 (8)	-6,3 (11)	-1,4 (8)	30,0 (4)	22,4 (8)	5,0 (40)	54,4 (22)	0,0 (22)
0,06 m²/homard	5,2 (27)	5,4 (13)	13,3 (16)	4,2 (6)	2,2 (16)	10,4 (6)	29,5 (52)	29,9 (7)	4,3 (133)	47,6 (63)	13,0 (63)
0,08 m²/homard	6,6 (8)	4,8 (5)	19,2 (7)	12,4 (3)	-1,2 (7)	1,4 (3)	30,3 (10)	16,4 (5)	5,0 (20)	37,5 (8)	0,0 (4)

Tableau 16: Résultats des expériences faisant varier le type de nourriture donné au homard (voir Tabl. 12 pour l'explication des symboles utilisés).

Traitement	% de survie 06-08/15-12 ♂	♀	Fréquence de mue depuis l'entrée en élevage ♂	♀	% de survie des mués jusqu'au 15/12 ♂	♀	% des survivants au 15/12 ayant mué ♂	♀	Date de mue (nombre de jours avant le 15/12) $\bar{x}$ ♂	♀	% moyen de gain en longueur ♂	♀	% moyen de gain en poids ♂	♀	Différence entre le gain en poids attendu et observé $\bar{x}$ ♂	♀
1 houlette (standard)	61,5 (109)	65,7 (108)	43,3 (170)	15,0 (234)	53,6 (69)	71,9 (32)	50,0 (70)	26,9 (63)	106 (77)	83 (35)	5,2 (27)	5,4 (13)	13,3 (16)	4,2 (6)	2,2 (16)	10,4 (6)
Crabe	48,7 (78)	47,4 (85)	49,5 (107)	28,3 (106)	52,7 (55)	46,2 (26)	71,4 (35)	28,2 (39)	94 (53)	70 (30)	5,7 (16)	4,9 (12)	21,2 (11)	15,1 (5)	-6,6 (11)	1,6 (5)
Pétoncle	45,0 (20)	59,0 (32)	22,9 (48)	31,7 (42)	63,6 (11)	50,0 (6)	77,7 (9)	42,1 (19)	109 (11)	62 (15)	3,9 (2)	5,1 (8)	—	9,5 (5)	—	4,0 (5)

QUALITÉ DU HOMARD LE 15 DÉCEMBRE

Traitement	Concentration de protéines dans l'hémolymphe mg/ml $\bar{x}$ ♂	♀	% des individus ayant perdu une pince pendant le traitement	% des femelles avec un abdomen noir	% de femelles ovigères	Mâles ayant mué avant le 29 septembre: % de rendement en chair $\bar{x}$	% de teneur en eau dans la chair $\bar{x}$	Concentration en protéines dans l'hémolymphe $\bar{x}$	Mâles n'ayant pas mué: % de rendement en chair $\bar{x}$	% de teneur en eau dans la chair $\bar{x}$	Concentration en protéines dans l'hémolymphe $\bar{x}$
1 houlette (standard)	30 (52)	30 (7)	4,3 (133)	47,6 (63)	13,0 (63)	16 (1)	81,8 (1)	3,2 (1)	18 (1)	78,5 (1)	3,6 (1)
Crabe	25 (25)	30 (4)	15,8 (76)	48,7 (39)	0,0 (19)	19,5 (2)	78,4 (2)	2,9 (2)	16 (2)	80,3 (2)	2,3 (2)
Pétoncle	25 (5)	30 (7)	3,6 (28)	31,3 (16)	8,3 (12)	18 (2)	82,7 (2)	2,3 (2)	21 (2)	77,6 (2)	3,1 (2)

Tableau 17: Résultats des expériences faisant varier la quantité de boulettes préfabriquées données au homard (voir Tabl. 12 pour l'explication des symboles utilisés).

Traitement	% de survie 18-06/06-08 06-08/15-12 ♂	♀	Fréquence de mue depuis l'entrée en élevage ♂	♀	% de survie des mués jusqu'au 15/12 ♂	♀	% des survivants au 15/12 ayant mué ♂	♀	Date de mue (nombre de jours avant le 15/12) x̄ ♂	♀	% moyen de gain en longueur ♂	♀	% moyen de gain en poids ♂	♀	Différence entre le gain en poids attendu et observé x̄ ♂	♀
0 boulette (jeûne)	54,5 (22)	27,7 (18)	45,8 (24)	27,8 (18)	25,0 (6)	80,0 (5)	38,3 (3)	40,0 (10)	130,0 (9)	57,6 (5)	4,6 (2)	5,4 (4)	4,4 (1)	14,7 (1)	8,8 (1)	-0,3 (1)
1 boulette (standard)	30,0 (10)	76,9 (13)														
	75,3 (178)	58,5 (234)	43,3 (170)	15,0 (234)	53,6 (69)	71,9 (32)	50,0 (70)	26,9 (63)	105,8 (77)	83,1 (35)	5,2 (27)	5,4 (13)	13,3 (16)	4,2 (6)	7,2 (16)	10,4 (6)
	50,0 (134)	51,8 (137)														
2 boulettes	64,6 (48)	81,0 (42)	39,6 (48)	23,8 (42)	58,8 (17)	45,4 (11)	73,3 (15)	31,3 (16)	96,4 (13)	89,1 (10)	7,2 (9)	5,1 (5)	16,8 (5)	12,2 (2)	1,9 (5)	-7,8 (2)
	48,4 (31)	47,0 (34)														
3 boulettes	71,1 (90)	70,0 (99)	42,7 (89)	26,2 (91)	44,4 (36)	79,2 (24)	51,5 (33)	85,5 (29)	101,3 (39)	66,2 (23)	4,5 (15)	5,9 (17)	5,6 (11)	9,2 (14)	5,6 (11)	12,8 (14)
	50,0 (64)	47,6 (63)														

QUALITÉ DU HOMARD LE 15 DÉCEMBRE

Traitement	Concentration de protéines dans l'hémolymphe mg/ml ♂ x̄	♀	% des individus ayant perdu une pince pendant le traitement	% des femelles avec un abdomen noir	% de femelles ovigères	Mâles ayant mué avant le 29 septembre: % de rendement en chair x̄	% de teneur en eau dans la chair x̄	Concentration en protéines dans l'hémolymphe x̄	Mâles n'ayant pas mué: % de rendement en chair x̄	% de teneur en eau dans la chair x̄	Concentration en protéines dans l'hémolymphe x̄
0 boulette (jeûne)	16,0 (2)	16,5 (6)	7,7 (13)	20,0 (10)	0,0 (10)	—	—	—	—	—	—
1 boulette (standard)	29,5 (52)	29,9 (7)	4,3 (132)	47,6 (63)	12,0 (63)	16 (1)	81,8 (1)	3,2 (1)	18 (1)	78,5 (1)	3,6 (1)
2 boulettes	31,3 (7)	29,8 (6)	3,2 (31)	50,0 (16)	0,0 (16)	14,3 (2)	80,3 (2)	2,9 (2)	21 (2)	75,9 (2)	3,7 (2)
3 boulettes	33,2 (24)	36,0 (3)	1,6 (62)	20,7 (29)	0,0 (29)	16 (1)	78,0 (1)	3,0 (1)	18,3 (4)	77,1 (4)	4,9 (4)

en poids (Tabl. 14 et 18). Cette précaution réduirait aussi la perte de pinces qui déprécie considérablement les homards sur le marché.

2.5 Isolation des homards

Dans cette expérience, des homards sans élastique sur les pinces ont été placés dans des casiers de 0,08 m^2 de surface munis d'un cadre de bois et d'un fond en grillage à mailles très fines. Ce traitement diffère du traitement standard pour trois facteurs, soit l'immobilisation des pinces, la surface du casier et le degré d'isolation du homard. La comparaison de ce traitement a donc été faite avec, d'une part, le traitement pour lequel la surface des casiers était de 0,08 m^2 et, d'autre part, le traitement pour lequel les homards n'avaient pas d'élastiques sur les pinces (Tabl. 19).

Les résultats indiquent que l'isolation du homard n'augmente significativement la survie que lorsque les individus n'ont pas d'élastiques sur les pinces. Cependant, cette précaution, à elle seule, ne diminuerait pas les pertes de pinces et n'affecterait pas la croissance.

2.6 Autres facteurs

L'expérience ayant comme but d'augmenter la fréquence de mue et d'améliorer la croissance par l'ablation des pédoncules oculaires a été un échec. Les individus ainsi traités sont tous morts avant la première visite suivant l'opération. Cet échec est attribuable soit au fait que l'ablation a rendu les homards très vulnérables à la gaffkémie, soit à une hémorragie fatale résultant de l'opération.

L'expérience qui avait pour but d'évaluer l'importance des apports naturels de nourriture en entourant les paniers avec un filet à mailles très fines et en faisant jeûner les individus a aussi résulté en la mort de tous les individus en moins d'une semaine. Cet échec met cependant en évidence la nécessité d'assurer une bonne circulation d'eau dans les casiers.

DISCUSSION

Les résultats des expériences réalisées dans le module expérimental doivent être interprétés avec beaucoup de réserve. En effet, la plupart des traitements ont débuté au mois d'août et il se peut fort bien que la période d'application des traitements n'ait pas été assez longue et ne se soit pas située pendant une période au cours de laquelle la température de l'eau était suffisamment élevée pour permettre aux effets différentiels des divers traitements de s'exprimer. Pendant la période d'augmentation de la température de l'eau au début de l'été, tous les homards ont jeûné pendant plusieurs semaines. Si on considère en plus qu'en raison de la forte mortalité attribuable à la gaffkémie, le nombre de degrés de liberté pour les tests statistiques était parfois faible, il n'est pas surprenant de ne pas avoir observé plus de différences entre les traitements.

Le suivi biologique de l'élevage a permis d'identifier les grands problèmes qui ont handicapé l'élevage. L'étude des facteurs indépendants des traitements a permis d'évaluer le potentiel des homards en fonction de leur origine, leur sexe, leur taille et la date à laquelle ils muent. Cependant, la rentabilité d'une entreprise de grossissement du homard dépend de la réalisation de ce potentiel; à ce niveau, les résultats des expériences ne sont pas très concluants d'un côté comme de l'autre. Pour qu'une telle entreprise soit rentable, il faut d'abord que

Tableau 18: Résultats de l'expérience sur l'immobilisation des pinces avec des élastiques (voir Tabl. 12 pour l'explication des symboles utilisés).

Traitement	% de survie 06-08/13-12 ♂	♀	Fréquence de mue depuis l'entrée en élevage ♂	♀	% de survie des mâles jusqu'au 15/12 ♂	♀	% des survivants au 13/12 ayant mué ♂	♀	Date de mue (nombre de jours avant le 15/12) ♂	♀	% moyen de gain en longueur ♂	♀	% moyen de gain en poids ♂	♀	Différence entre le gain en poids attendu et observé ♂	♀
Avec élastiques (standard)	50,0 (134)	51,8 (137)	43,3 (178)	15,0 (234)	53,6 (69)	71,9 (32)	50,0 (72)	26,9 (63)	105,8 (77)	83,11 (35)	5,2 (27)	3,4 (13)	13,3 (16)	4,2 (6)	2,2 (16)	10,4 (6)
Sans élastiques	23,3 (30)	26,9 (26)	18,8 (48)	21,4 (42)	10,0 (10)	0,0 (6)	28,5 (7)	57,1 (7)	120,1 (9)	112,8 (9)	4,4 (5)	2,9 (4)	11,3 (4)	19,6 (3)	0,2 (4)	-11,2 (3)

QUALITÉ DU HOMARD LE 15 DÉCEMBRE

Traitement	Concentration de protéines dans l'hémolymphe mg/ml ♂	♀	% des individus ayant perdu une pince pendant le traitement	% des femelles avec un abdomen noir	% des femelles ovigères	Mâles ayant mué avant le 29 septembre: % de rendement en chair	% de teneur en eau dans la chair	Concentration en protéines dans l'hémolymphe	Mâles n'ayant pas mué: % de rendement en chair	% de teneur en eau dans la chair	Concentration en protéines dans l'hémolymphe
Avec élastiques (standard)	29,3 (32)	29,9 (7)	4,3 (133)	47,6 (63)	13,0 (63)						
Sans élastiques	28,3 (7)	28,2 (6)	13,3 (16)	14,3 (7)	11,8 (7)						

Tableau 19: Résultats de l'expérience sur l'isolation des homards par des cadres de bois dans les casiers (voir Tabl. 12 pour l'explication des symboles utilisés).

Traitement	% de survie 27-08/15-12 ♂	♀	Fréquence de mue depuis l'entrée en élevage ♂	♀	% de survie des mués jusqu'au 15/12 ♂	♀	% des survivants au 15/12 ayant mué ♂	♀	Date de mue (nombre de jours avant le 15/12) ♂	♀	% moyen de gain en longueur ♂	♀	% moyen de gain en poids ♂	♀	Différence entre le gain en poids attendu et observé ♂	♀
Casier normal 5 individus/panier avec élastiques	63,[illegible] (19)		—	—	—	—	—	—			6,6 (8)	—	19,2 (7)	—	-1,2 (7)	—
Casier isolé 5 individus/panier sans élastiques	66,[illegible] 39)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,1 (7)	—	16,6 (5)	—	2,3 (5)	—
Casier normal 6 individus/panier sans élastiques	37,[illegible] (19)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,4 (5)	—	11,3 (4)	—	0,2 (4)	—

QUALITÉ DU HOMARD LE 15 DÉCEMBRE

Traitement	Concentration de protéines sans l'hémolymphe mg/ml ♂	♀	% des individus ayant perdu une pince pendant le traitement	% des femelles avec un abdomen noir	% de femelles ovigères	Mâles ayant mué avant le 29 septembre: % de rendement en chair	% de teneur en eau dans la chair	Concentration en protéines dans l'hémolymphe	Mâles n'ayant pas mué: % de rendement en chair	% de teneur en eau dans la chair	Concentration en protéines dans l'hémolymphe
Casier normal 5 individus/casier avec élastiques	30 (13)	—	5,0 (20)	—	—						
Casier isolé 5 individus/panier sans élastiques	36 (14)	—	0,1 (26)	—	—						
Casier normal 6 individus/panier sans élastiques	28,3 (7)	—	13,3 (30)	—	—						

le rendement global en poids soit supérieur à l'unité. On doit donc éliminer toute mortalité et mutilation, promouvoir une fréquence de mue maximale et s'assurer que le homard atteint le maximum de croissance à la mue. On doit ensuite s'assurer de la bonne qualité de la production au moment de la mise en marché et réduire au maximum les frais d'opération.

Rendement global en poids

Le faible rendement global de l'élevage en 1982 est attribuable à la très forte mortalité du homard causée par une épidémie de gaffkémie. Selon notre modèle, l'épidémie serait essentiellement attribuable au fait que le système d'élevage au début de l'été était inadéquat. Afin de réduire la mortalité, il serait indispensable de sélectionner avec beaucoup de précautions le homard, de lui immobiliser les pinces avec des élastiques et de faire la sélection à un moment et dans un lieu qui empêchent les chocs thermiques et le contact prolongé avec des individus blessés. Le casier doit éliminer tout contact entre les homards, tout en assurant une bonne circulation. Il faut absolument faire un suivi très serré des homards au début de l'élevage pour éliminer rapidement les individus qui meurent juste après l'entrée en élevage.

Il y a des raisons de croire que la concentration en oxygène dissous dans les paniers a pu atteindre un niveau proche du niveau létal de 1 ppm (McLeese 1956). Il serait donc préférable de situer l'élevage à un endroit où les courants de marées peuvent maintenir une circulation constante dans les casiers.

Advenant le cas où on réussisse à éliminer la mortalité, le pourcentage de mue deviendra le principal facteur qui déterminera le rendement en poids. Les résultats du suivi montrent qu'environ 70% des individus de l'élevage survivant jusqu'au 30 novembre ont mué au moins une fois. Cette estimation est basée sur l'hypothèse que les homards qui ont mué meurent au même rythme que ceux qui n'ont pas mué. Selon les résultats des expériences, il n'y a pas de raisons de croire que cette hypothèse soit fausse. En effet, le pourcentage de survie des homards ayant mué avant le 29 septembre dans le traitement standard (40,1%) n'est pas très différent de celui calculé pour l'ensemble des homards à partir du 15 juillet (47,0%). Également, le pourcentage de survie des homards ayant mué après le 29 septembre (94,47%) est comparable à celui de l'ensemble des homards à partir du 6 octobre (89,0%). Si on considère que le stock était composé à 50% de femelles et en supposant que 25% de celles-ci étaient matures et ne muaient pas en 1982, il ressort qu'environ 80% des individus (77,5% des mâles, 83,3% des femelles) qui pouvaient muer et qui ont survécu ont mué. Ce pourcentage est beaucoup plus élevé que ce que Bishop et Castell (1978) ont obtenu (10% en 5 mois pour les mâles) dans un élevage comparable à plusieurs points de vue, mais de type intensif en circuit ouvert. Il est comparable à ce que ces mêmes auteurs ont obtenu après ablation des pédoncules oculaires (70% en 5 mois, en été et automne) dans les mêmes conditions. Pour leur part, McBurney et Wilder (1973), dans un élevage communautaire en circuit ouvert, ont obtenu un pourcentage de mue de 30% pour les mâles et de 10% pour les femelles après 5 mois de captivité en été et en automne. Enfin, Stewart et Squires (1968) ont obtenu des pourcentages de mue variant entre 25 et 50% pour les mâles après 65-83 jours de captivité en nature dans des paniers isolés, et de 20 à 25% pour des mâles en captivité pendant 5 mois dans un grand aquarium en circuit ouvert. Selon ces derniers auteurs, le degré de stress auquel sont soumis les homards en captivité détermine en grande partie la fréquence de mue.

Les résultats des expériences sont globalement comparables à ce qui a été obtenu dans l'élevage. Le pourcentage des individus survivant jusqu'au 15 décembre qui ont mué atteint 83,3% pour les mâles et 62,5% pour les femelles dans les casiers de 0,08 m^2 de surface. Rappelons que ce type de casier a remplacé les paniers divisés en six et huit

avant le second pic de mue dans l'ensemble de l'élevage. Par contre, les conditions standards qui prévalaient dans l'élevage au cours des premiers mois de l'été étaient moins propices à la mue. Le premier pic de mue dans l'élevage en juillet et août aurait peut-être pu être plus important si les conditions d'élevage avaient été meilleures au début de l'élevage. Il ressort donc de l'étude qu'une ration de deux boulettes par semaine, des casiers de 0,08 m^2 de surface et l'immobilisation des pinces sont suffisants pour assurer un pourcentage de mue comparable à ce qu'on observe en nature. En absence de mortalité élevée, les mâles auront un meilleur rendement global que les femelles. Enfin, l'ablation des pédoncules oculaires prescrite par Bishop et Castell (1978) pour augmenter le pourcentage de mue n'est peut-être pas recommandable pour un élevage dans les lagunes.

Le troisième facteur qui détermine le rendement global en poids est l'augmentation de la taille à la mue. Pour l'ensemble des facteurs étudiés, le pourcentage moyen de gain en longueur a varié de 3,4 à 8,5% pour les mâles et de 2,9 à 6,9% pour les femelles (valeur minimale: -2,1%; valeur maximale: 13,6%). Ces résultats sont beaucoup plus faibles que ceux observés en milieu naturel aux Îles-de-la-Madeleine pour des homards de taille comparable, autant dans les lagunes (mâles: 14,0%; femelles: 13,0%; Munro et Therriault 1981, 1983) qu'à l'extérieur des lagunes (moyennes de 13,5 à 14,3% pour les mâles et de 10,9 à 12,3% pour les femelles; Dubé et Fréchette 1980). Par contre, McLeese (1972a) a obtenu des résultats similaires à ceux de la présente étude avec des homards de taille comparable à ceux de l'élevage placés dans des casiers de 0,03 à 0,05 m^2 de surface, gardés à des températures constantes variant entre 12 et 22°C et nourris avec différents types de nourriture à raison de 3 à 12% du poids corporel par semaine. McLeese (1972b) a démontré que le gain en longueur pouvait être amélioré avec des rations composées de chair de poisson, de calmars et de foie de boeuf et en augmentant la surface des casiers.

Les faibles accroissements en longueur observés dans l'élevage peuvent être attribuables à plusieurs causes. Corrivault et Tremblay (1948) ont observé une diminution du gain en longueur à la mue avec l'augmentation de la durée de captivité avant la mue et l'ont attribuée à un dérèglement du métabolisme. D'autres auteurs ont démontré qu'une restriction de l'espace diminuait l'accroissement en longueur à la mue (Aiken et Waddy 1978; Sastry et French 1977; Templeman 1948; Van Olst et Carlberg 1978). Aiken (1980) a décrit la relation entre la surface des casiers et la croissance en longueur par l'équation suivante:

$$a = b(CL)^2$$

où a est la surface du compartiment (m^2), b est le facteur d'espace et CL est la longueur du céphalothorax (m). Pour des casiers de 0,06 m^2 de surface, le facteur d'espace des homards des Îles-de-la-Madeleine (où CL = 0.0784) est d'environ 10. Selon Van Olst et al. (1975), un facteur d'espace de 55 (ce qui demanderait des casiers de 0,34 m^2 de surface dans la présente étude) est nécessaire pour une croissance normale, alors qu'un facteur d'espace de 9 réduit la croissance de 20%. Aiken (1980), de son côté, a parfois obtenu une augmentation de gain en longueur de 15% avec un facteur d'espace de 20. Dans la présente étude, la diminution de croissance en longueur par rapport à ce qui a été observé en nature est de 55 à 60%. Cette forte diminution n'est donc probablement pas expliquée uniquement par l'espace restreint des casiers. Selon Emmel (1906), Adelung (1971) et Kuris et Meger (1975), le fait que tous les homards de l'élevage avaient au moins une blessure explique en partie la faible croissance. McLeese (1972b) et McBurney et Wilder (1973) n'ont pas observé que la quantité de nourriture ait un effet sur la croissance en longueur pour des rations variant de 1,5 à 12% du poids corporel par semaine. Cependant, les résultats de la présente étude indiquent que la ration de 2 boulettes par visite donne de meilleurs rendements chez les mâles que le jeûne et que la

ration de 3 boulettes par visite. Il se peut donc que la longue période de jeûne à laquelle ont été soumis les homards en début d'élevage ait handicapé la croissance en longueur. Il ne faut pas exclure aussi la possibilité d'un effet néfaste des conditions physico-chimiques prévalant en août dans l'aire d'élevage.

L'augmentation de la surface des casiers de 0,06 à 0,08 m^2 n'a pas eu d'effet significatif sur la croissance. Cela n'est pas surprenant parce que cette augmentation ne fait passer le facteur d'espace que de 10 à 13, soit encore bien en-dessous du facteur d'espace optimal (55). Pour optimiser le gain en longueur à la mue, des casiers encore plus grands seraient nécessaires. Cependant, les coûts pour loger le homard dans de telles conditions s'avèrent trop élevés et il est plutôt recommandable d'utiliser des casiers de taille intermédiaire pour lesquels les coûts moins élevés compensent pour la croissance en longueur plus faible.

Dans la présente étude, pour des intervalles de taille très restreints, nous avons retrouvé une relation linéaire inverse entre le gain en longueur et la taille pré-exuviale des individus. Cependant, ces relations n'expliquaient qu'une petite fraction de la variance observée. Nous soupçonnons qu'en plus des effets différentiels des différents traitements appliqués, la maturité des individus peut expliquer une partie de la variation du gain de longueur pour une taille donnée. En nature, Munro et Therriault (1981, 1983), Mauciine (1977) et Templeman (1936) ont observé des relations semblables à celles décrites ci-dessus. De plus, McLeese (1972b) a observé des différences de gain en longueur à la mue entre des mâles immatures et des adultes. On a également observé un changement de la relation longueur-poids du homard des Îles-de-la-Madeleine à des tailles où les mâles atteignent la maturité (Anonyme 1978). Il serait important pour optimiser le potentiel de croissance et pour la recherche future d'établir avec plus de précision l'effet de la maturité des individus sur la croissance, en étudiant des individus représentant un plus large intervalle de taille.

L'effet du régime de température naturel sur le gain en longueur à la mue est bien documenté (Templeman 1948, Corrivault et Tremblay 1948, Templeman 1936). En laboratoire, McLeese (1972a) a mis en évidence une relation inverse entre le gain en longueur à la mue et la température de l'eau dans laquelle les homards sont gardés en conditions constantes. La variation saisonnière du gain en longueur à la mue que nous avons observé chez les femelles du module expérimental résulte peut-être de la variation de la température de l'eau au moment de la mue.

Le dernier facteur dans l'équation de rendement global en poids est le degré de "remplissage" du homard, qui correspond à la différence entre les gains en poids attendu et observé. L'utilisation de cette variable a pour effet d'éliminer l'effet du sexe, de l'origine, de la taille initiale et du gain en longueur à la mue des homards pour ne conserver qu'un indice du "remplissage" des homards après la mue. Les résultats de la présente étude indiquent que le poids d'un homard après l'absorption d'eau varie peu, et concordent avec ceux de Corrivault et Tremblay (1948) et de Aiken (1980). De son côté, McLeese (1972a) a démontré que le degré de nutrition affecte le poids final du homard, qui n'est atteint qu'environ huit semaines après la mue. Dans la présente étude, bien que le degré de "remplissage" ait varié considérablement entre les traitements, aucune tendance marquée ne suggère que la qualité et la quantité de nourriture l'affectent. Cependant, le gain en poids observé pour les mâles a été comparable au gain attendu alors que pour les femelles, il a été inférieur à celui prédit par la relation longueur-poids.

Qualité du homard

La qualité du homard à un moment donné dépend principalement du nombre de jours écoulés depuis la mue. Nos résultats, comme ceux de Bishop et Castell (1978), montrent que la texture et la couleur de la chair ainsi que la dureté de la carapace n'atteignent un niveau acceptable pour la mise en marché que 8 à 10 semaines après la mue. La quantité d'eau dans la chair diminue aussi progressivement au cours des mois suivant la mue. Dans l'élevage, les individus qui ont mué avant le 29 septembre ont donné un rendement en chair moins élevé et un pourcentage d'eau dans la chair plus élevé que les individus qui n'avaient pas mué. Pour les meilleurs traitements, les résultats obtenus pour ces deux paramètres ainsi que pour la concentration en protéines dans l'hémolymphe sont comparables à ceux obtenus dans d'autres expériences (McLeese 1972a; Bishop et Castell 1978; McBurney et Wilder 1973; Castell et Bodson 1974), mais sont moins bons que pour du homard qui a mué en milieu naturel (Stewart et Li 1969; McBurney et Wilder 1973).

En raison de la relation entre la qualité du homard et le nombre de jours écoulés depuis la mue, l'échéancier de mise en marché du homard devra être adapté à l'évolution de la mue dans l'élevage. Dans l'expérience de 1982, le homard a mué tard en moyenne et la période de première mue s'est étendue du début juillet à la mi-novembre. Environ 50% des homards qui ont survécu jusqu'au 30 novembre ont mué après le 1er octobre. Le premier pic de mue s'est produit environ un mois après celui observé par Munro et Therriault (1981, 1983) chez le homard habitant les lagunes. Selon ces auteurs, de 50 à 70% des homards de la taille de ceux mis en élevage subissent une deuxième mue dans les lagunes à la fin du mois de septembre et en octobre. Dans l'élevage, le second pic de mue s'est produit environ à cette même période, mais d'après les résultats des expériences, seule une petite fraction de la mue observée en automne consistait en une deuxième mue depuis l'entrée en élevage.

Bien qu'il y ait décalage entre l'observation des premières mues dans l'élevage et dans les lagunes, on ne peut pas conclure que cela soit dû au stress de l'élevage. En effet, les homards mis en élevage proviennent de l'extérieur des lagunes et ils ont été transférés dans la lagune quelques semaines seulement avant la date prévue de première mue dans la baie de Plaisance (début juillet; Templeman 1936). Cependant, il est difficile d'expliquer la baisse du taux de mue dans l'élevage au mois d'août. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce phénomène. Selon Hughes et Matthiessen (1962), les périodes de mue les plus actives en nature se situent lorsque la température de l'eau atteint des valeurs variant entre 15 et 20°C et la mue est moins fréquente lorsque les températures atteignent des valeurs supérieures à 20°C. Bien que la température de l'eau de la lagune n'ait pas dépassé cette valeur, il se peut que les hautes températures enregistrées à la fin de juillet et en août ne soient pas propices à la mue. La faible taux de mue à la fin du mois d'août pourrait aussi être associé aux faibles concentrations en oxygène dissous pendant cette période ou encore à l'infestation chronique par la gaffkémie des homards en phase pré-mue. Pour vérifier ou infirmer ces hypothèses, il aurait fallu, entre autres, déterminer pendant quelle phase du cycle de mue la mort du homard est survenue en août et septembre. Puisque cela n'a pas été fait, nous ne pouvons pas prédire quelle aurait été l'évolution du taux de mue s'il n'y avait pas eu d'épidémie de gaffkémie.

Les expériences ont démontré clairement que les femelles muent plus tard que les mâles et que le homard de l'Île-du-Prince-Édouard mue plus tard que celui des Îles-de-la-Madeleine. Par contre, la taille initiale du homard dans l'intervalle de 75 à 83 mm, l'espace des casiers, le type et la quantité de nourriture et l'immobilisation des pinces n'auraient que très peu d'effet sur la date moyenne de mue.

Une bonne façon de planifier la mise en marché du homard, serait de fixer une date limite à partir de laquelle tous les homards qui n'ont pas mué sont vendus alors que ceux qui ont mué sont soumis à un régime plus intense de nourrissage. On pourrait aussi préférer garder tous les homards jusqu'à ce qu'ils aient mué et aient atteint une qualité acceptable. Dans ce cas, il faudrait prévoir un échelonnement de la mise en marché jusqu'à la fin du printemps suivant la mise en élevage, et s'assurer que la mortalité hivernale est très faible.

Seulement, quelques individus ont été sacrifiés pour étudier les effets de certains traitements sur la qualité du homard. Les données ne permettent pas d'identifier avec certitude quels sont les traitements qui ont donné les meilleurs résultats à ce point de vue. Si on se fie à la forte relation directe observée par Stewart et al. (1969) et Castell et Bodson (1974), entre la qualité générale du homard (notamment le rendement en chair) et la concentration en protéines dans l'hémolymphe, il ressort que la meilleure qualité au 15 décembre est obtenue avec la ration de 3 boulettes par visite (mâles et femelles) et que la moins bonne qualité est obtenue en faisant jeûner les mâles ou les femelles. Les femelles, en plus de démontrer une fréquence de mue et un accroissement en longueur et en poids à la mue faibles, posent un problème du point de vue mise en marché. En effet, il y aura toujours un certain pourcentage des femelles qui seront ovigères ou qui auront un abdomen noir dans l'élevage. Il est difficile avec les données disponibles de déterminer si le phénomène de résorption des gonades peut être évité; mais, même si on pouvait l'éviter, le problème des femelles ovigères ne serait pas pour autant réglé. Enfin, la perte de pinces diminue considérablement la valeur des homards. L'immobilisation des pinces avec des élastiques, la bonne nutrition du homard, et l'isolation complète des homards semblent être les principales précautions à prendre pour réduire les pertes de pinces et les autres blessures.

Aspects économiques

Selon les résultats de l'étude, il est fort probable que la mortalité du homard puisse être considérablement diminuée en prenant plusieurs précautions, principalement au début de l'élevage. De plus, les résultats indiquent qu'avec le système d'élevage tel qu'il était à partir de la fin de l'été, on peut s'attendre à ce que le pourcentage de mue et de gain relatif en poids soient comparables à ce qu'on observe en nature. Il est aussi probable que le gain en longueur à la mue puisse être augmenté en nourrissant de façon plus soutenue les homards et en augmentant la surface des casiers. En ne conservant que des mâles de 75-85 mm de longueur de carapace, avec un taux de mortalité moyen de 10%, un pourcentage de mue de 80% et un gain en longueur à la mue de 10%, on pourrait espérer un rendement en poids global de 1,22 g/g. Pour qu'un tel rendement soit rentable, il n'y a pas de doute que le prix de vente des homards engraissés doit être considérablement plus élevé que le coût d'achat des homards au début de l'élevage et que le nombre de homards en élevage doit être très élevé. Pour ce qui est des coûts d'opération, nous croyons que la clef du succès réside surtout dans l'utilisation optimale de la nourriture fournie au homard et dans la réduction du coût de l'approvisionnement en nourriture.

RECOMMANDATIONS

1. Sélection du homard

1.1 Sexe: mâles seulement pour le grossissement et femelles pour la vente avant la mue.

1.2 Taille: les plus petits individus disponibles et susceptibles d'atteindre une taille commerciale "market" après une mue.

1.3 Autres caractéristiques: Individus qui viennent d'être pêchés, qui n'ont aucune blessure cicatrisée ou non cicatrisée et qui ont les pinces immobilisées par des élastiques.

1.4 Méthode:
- faire la sélection dans un endroit humide abrité du vent et du soleil;
- réaliser des tests de gaffkémie sur un échantillon représentatif;
- réduire les chocs thermiques;
- entraîner la main d'oeuvre à faire une sélection adéquate.

2. Site d'élevage

2.1 Avec le système actuel, choisir dans la lagune un endroit qui assure une bonne circulation dans les casiers lorsque les vents sont faibles.

2.2 Disperser le stock dans 2 (ou plus) endroits plutôt isolés dans la lagune.

3. Système d'élevage

3.1 Utiliser des casiers ayant la plus grande surface possible et qui empêchent tout contact entre les individus et toute blessure, tout en assurant le maximum de circulation.

3.2 Améliorer le système de nourrissage afin de réduire le temps d'émersion et de manipulation et d'augmenter la fréquence des visites.

3.3 Disposer des colonnes de paniers dans les modules de façon à ce qu'une bonne circulation soit possible pour les paniers situés au centre.

3.4 Surélever le fond des modules d'au moins un mètre au-dessus des fonds lagunaires pour assurer une bonne circulation et minimiser l'impact de la manipulation des modules sur la faune et la flore benthiques.

4. Entretien et nourrissage

4.1 Surveiller étroitement les homards dans les semaines qui suivent la mise en élevage afin de déceler le début d'épidémies possibles et de retirer rapidement les morts et les faibles.

4.2 Augmenter la fréquence des visites pour éviter les risques de contamination et assurer un meilleur nourrissage.

4.3 Éviter toute manipulation inutile telles que de longues périodes d'émersion, les chocs mécaniques et le transport des modules.

4.4 Assurer une conservation optimale de la nourriture lors de l'entreposage à terre et du nourrissage sur l'unité flottante.

4.5 Marquer d'une façon ou d'une autre les homards qui ont mué (ou leur casier) de manière à faciliter le suivi et à pouvoir adapter les conditions d'élevage à la phase de mue.

4.6 Utiliser les modules pour capturer ou capter une partie de la nourriture donnée au homard.

5. Mise en marché

5.1 Réaliser un suivi de l'évolution de la fréquence de mue dans l'élevage afin d'adapter l'échéancier de mise en marché.

6. Recherche future

6.1 Réaliser un suivi étroit de quelques individus pour étudier le comportement du homard dans différents types de casiers.

6.2 Réaliser un suivi étroit de quelques échantillons de homards pour étudier les changements dans les besoins nutritifs en fonction du cycle de mue.

6.3 Déterminer avec plus de précision les relations entre la maturité, la taille, le sexe, l'origine du homard, la date de mue et le gain en longueur et en poids à la mue.

6.4 Évaluer les effets de facteurs non étudiés en 1982, soit:

- l'ablation des pédoncules oculaires;
- la fréquence de nourrissage;
- la densité de homard dans les modules;
- le degré de circulation dans différents endroits de la lagune;
- le type de construction des casiers.

6.5 Répéter les expériences les plus prometteuses réalisées en 1982, mais sur une période plus longue couvrant l'ensemble de la saison estivale avec des combinaisons de traitements qui semblent les meilleures.

6.6 Évaluer si possible les causes de la mortalité de chacun des individus expérimentaux.

6.7 Évaluer l'incidence de gaffkémie dans les populations naturelles susceptibles de fournir du homard pour l'élevage.

6.8 Évaluer avec plus de précision l'importance des apports naturels de nourriture.

6.9 Déterminer avec précision, à intervalles réguliers, dans quelle phase du cycle de mue les homards expérimentaux se trouvent.

6.10 Réaliser, sur quelques individus, un suivi serré des variations du poids après la mue pour en déterminer l'importance et les causes.

6.11 Développer ou améliorer des techniques telles que l'ablation des pédoncules oculaires pour qu'elles soient applicables à grande échelle.

6.12 Évaluer les possibilités de réaliser une polyculture de homards et de moules et évaluer le rendement obtenu en nourrissant le homard avec des moules.

6.13 Prolonger les expériences jusqu'au printemps suivant la mise en élevage pour évaluer les possibilités de conserver le homard dans la lagune en hiver.

6.14 Refaire une étude économique de faisabilité de l'élevage après que la technique aura été mise au point et que les rendements obtenus par cette technique seront connus.

6.15 Développer un type de nourriture répondant aux exigences du homard et minimisant les coûts de production.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le docteur J.W. Cornick du laboratoire du ministère des Pêches et des Océans à Halifax ainsi que son assistante Mme B. Zwicker pour les nombreux conseils et pour les analyses bactériologiques qu'ils ont réalisées sur le homard de l'élevage. Nous remercions MM. J.D. Castell, J. Lapointe, P. Montreuil et J. Munro du ministère des Pêches et des Océans du Canada pour les judicieux conseils qu'ils nous ont prodigués tout au long de cette étude. L'assistance technique de M. P.A. Déraspe, du Laboratoire d'inspection du ministère des Pêches et des Océans aux Îles-de-la-Madeleine, a également été fort appréciée. Certaines analyses biochimiques ont été rendues possibles grâce à la collaboration de Mme D. Allen, du Laboratoire des Produits Alimentaires du Québec. Nos remerciements s'adressent également à MM. D. Dobson et E. Verge du ministère des Pêches et des Océans à Halifax pour le décodage des données du thermographe et du courantomètre. Sincères remerciements au Service de la protection (DGPM) des Îles-de-la-Madeleine pour les nombreux services rendus ainsi qu'au Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec et aux laboratoires du ministère des Pêches et des Océans à Québec, Cap-aux-Meules et Darmouth pour le prêt de matériel scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

Adelung, D. 1971. Studies on the molting physiology of decapod crustaceans as exemplified by shore crab (Carcinus maenas). Eigol. Wiss. Meeresunters 22: 66-119. Transl. Fish. Res. Bd Can. (transl. res. 1877).

Aiken, D.E. 1980. Molting and growth, p. 91-163, In Cobb J.S. et B.S. Philips (eds.), The biology and management of lobsters, Vol. 1, Physiology and behavior. Academic Pr., N.Y.

Aiken, D.E. and S.L. Waddy. 1977. Effect of space and density on growth of large juvenile lobster. Environ. Can. Appl. Physiol. Res. Rept. 13: 1-7.

Aiken, D.E. and S.L. Waddy. 1978. Space, density and growth of the lobster (Homarus americanus). Proc. Ann. Meet. World Mariculi. Soc. 9: 461-467.

Anonyme. 1978. Composition et mouvement des populations de homards. Aménagement portuaire de Leslie, Îles-de-la-Madeleine; étude de l'impact sur l'écosystème marin, dossier d'étude C. Soumis au ministère des Transports, Québec, 52 p.

Auclair, J.C. 1977. Contribution à l'étude de la production primaire des lagunes des Îles-de-la-Madeleine, Québec. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille II, juin 1977.

Bishop, F.J. and J.D. Castell. 1978. Commercial lobster culture feasibility study, Clark's Harbour, Nova Scotia. August 1978. Canada, Fisheries and Marine Service, Ind. Rep. 102, 18 p.

Castell, J.D. et S.D. Bodson, 1974. Lobster nutrition: the effect on Homarus americanus of dietary protein levels. J. Fish. Res. Bd Can. 31: 1363-1370.

Chittleborough, R.G. 1974. Review of prospects for rearing rock lobster. Austral. Fish. 33: 1-5.

Conover, W.J. 1980. Practical non parametric statistics. J. Wiley & sons, N.Y. 493 p.

Corrivault, G.W. et J.L. Tremblay. 1948. Contribution à la biologie du homard (Homarus americanus Milne-Edwards) dans la Baie des Chaleurs et le golfe Saint-Laurent. Contrib. Stat. Biol. St-Laurent 19: 222 p.

Côté, J. 1976. Les périodes et les conditions de la ponte de quatre espèces de bivalves dans deux milieux des Îles-de-la-Madeleine. Université Laval, Rapport de recherche, non publié, 50 p.

Dubé, P. et J. Fréchette. 1980. Résultats préliminaires des recaptures de homards aux Îles-de-la-Madeleine en 1980. CAFSAC, Working Paper 1980: 18 p.

Emmel, V.E. 1906. The relation of regeneration to molting process of the lobster. R.I. Comm. Inland Fish., Ann. Resp. 36: 258-313.

Gagnon, M. et P. Fradette. 1983. Étude des conditions optimales d'élevage du homard de taille commerciale en milieu lagunaire aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. ms. Bio-Conseil inc. et les Crustacés Vivants Madelinots, contrat ISZ82-0057, ministère des Approvisionnements et Services Canada et ministère des Pêches et des Océans, 140 p.

Hugues, T. et G.C. Matthiessen. 1962. Observations on the biology of the American lobster, Homarus americanus. Limnol. Oceanogr. 7: 414-421.

Kuris, A.M. et M. Mager. 1975. Effect of limb regeneration on size increase at molt on the Shore crabs (Hemigrapsus oregonensis and Pachigrapsus crassipes). J. Exp. Zool. 193: 353-359.

Leavitt, D.F. and R.C. Bayer. 1977. A refractometric method of determining serum protein concentration in the American lobster. Aquaculture 12: 169-171.

McBurney, D.R. and D.G. Wilder. 1973. Survival and condition of lobsters in a tide pond related to feeding, cover and stock density. Fish. Res. Bd Can. Tech. Rept. 377, 59 p.

McLeese, D.W. 1956. Effects of temperature, salinity and oxygen on the survival of American lobster. J. Fish. Res. Bd Can. 13: 247-272.

McLeese, D.W. 1972a. Initial experiments on growth of the American lobster in captivity. Fish. Res. Bd Can. Tech. Rept. 320, 22 p.

McLeese, D.W. 1972b. Effects of several factors on the growth of the American lobster (Homarus americanus) in captivity. J. Fish. Res. Bd Can. 29: 1725-1730.

Mauchline, J. 1977. Growth of shrimps, crabs and lobsters, an assessment. Cons. int. Explor. Mer., J. Cons. 37: 162-169.

Munro, J. et J.C. Therriault. 1981. Abondance, distribution, mobilité et fréquence de mue de la population de homards des lagunes des Îles-de-la-Madeleine. Rapp. techn. can. sci. halieut. aquat. 1034, 35 p.

Munro, J. et J.C. Therriault. 1983. Migrations saisonnières du homard (Homarus americanus) entre la côte et les lagunes des Îles-de-la-Madeleine. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 905-918.

Québec. 1953. Évolution de la température des eaux superficielles à Grande-Rivière, Baie-des-Chaleurs, et à Gros-Cap, Îles-de-la-Madeleine. Stat. Biol. Mar. Grande-Rivière, Rapp. ann. 1953: 130-145.

Sastry, A.N. and D.P. French. 1977. Growth of American lobster, Homarus americanus Milne Edwards, under controlled conditions. Circ.-CSIRO, Div. Fish. Oceanog. (Aust.) No 7 (Abstr.).

Sastry, A.N. and J. Laczak. 1975. The ammonia tolerance of lobsters, Homarus americanus. Lobster aquaculture Conf., Univ. of Rhode Island, Abstr.

Sokal, R.R. et F.J. Rohlf. 1969. Biometry W.A. Freeman and Co., San Francisco, 776 p.

Stewart, J.E. 1972. The detection of Gaffkya homari, the bacterium pathogenic to lobsters (genus Homarus). Fish. Res. Bd Can. Halifax Lab., N.S. 43, 5 p.

Stewart, J.E. 1975. Gaffkemia, the fatal infection of lobsters (genus Homarus) caused by Aerococcus viridans (var.) homari: A review. Mar. Fish. Rev. 37: 20-24.

Stewart, J.E. and M.F. Li. 1969. A study of lobster (Homarus americanus) ecology using serum protein concentration as an index. Can. J. Zool. 47: 21-28.

Stewart, J.E. and H. Rabin. 1970. Gaffkemia, a bacterial disease of lobsters (genus Homarus), p. 431-439 In S.F. Snieko, [ed.], A symposium of diseases of fishes and shellfishes Spec. Publ. No 5, Am. Fish. Soc., Washington, D.C.

Stewart, J.E. and H.J. Squires. 1968. Adverse conditions as inhibitors of ecdysis of the lobster Homarus americanus. J. Fish. Res. Bd Can. 25: 1763-1774.

Stewart, J.E., A. Dockrill and J.W. Cornick. 1969. Effectiveness of the integument and gastric fluid as barriers against transmission of Gaffkya homari to the lobster Homarus americanus. J. Fish. Res. Bd Can. 26: 1-14.

Stewart, J.E., G.W. Horner and B. Arie. 1972. Effects of temperature, food, and starvation on several physiological parameters of the lobster Homarus americanus. J. Fish. Res. Bd Can. 29: 439-442.

Stewart, J.E., B.M. Zwicker, B. Arie and G.W. Horner. 1972. Food and starvation as factors affecting the time to death of the lobster Homarus americanus infected with Gaffkya homari. J. Fish. Res. Bd Can. 29: 461-464.

Stewart, J.E., J.W. Cornick, D.M. Foley, M.F. Li and C.M. Bishop 1967. Muscle weight relationship to serum protein hemocytes, and hepatopancreas in the lobster (H. americanus). J. Fish. Res. Bd Can. 24: 2339-2354.

Templeman, W. 1936. Local differences in the life history of the lobster (Homarus americanus) on the coast of the Maritime Provinces of Canada. J. Fish. Res. Bd Can. 2: 41-88.

Templeman, W. 1948. Growth per moult in the American lobster. Bull. Nfld. Govt. Lab. 18: 26-48.

Tiphane, M. 1976. Les Îles-de-la-Madeleine: bathymétrie et sédiments des dunes et des lagunes. OPDQ, Programme PIREDIM, Rapport de recherche, 25 p.

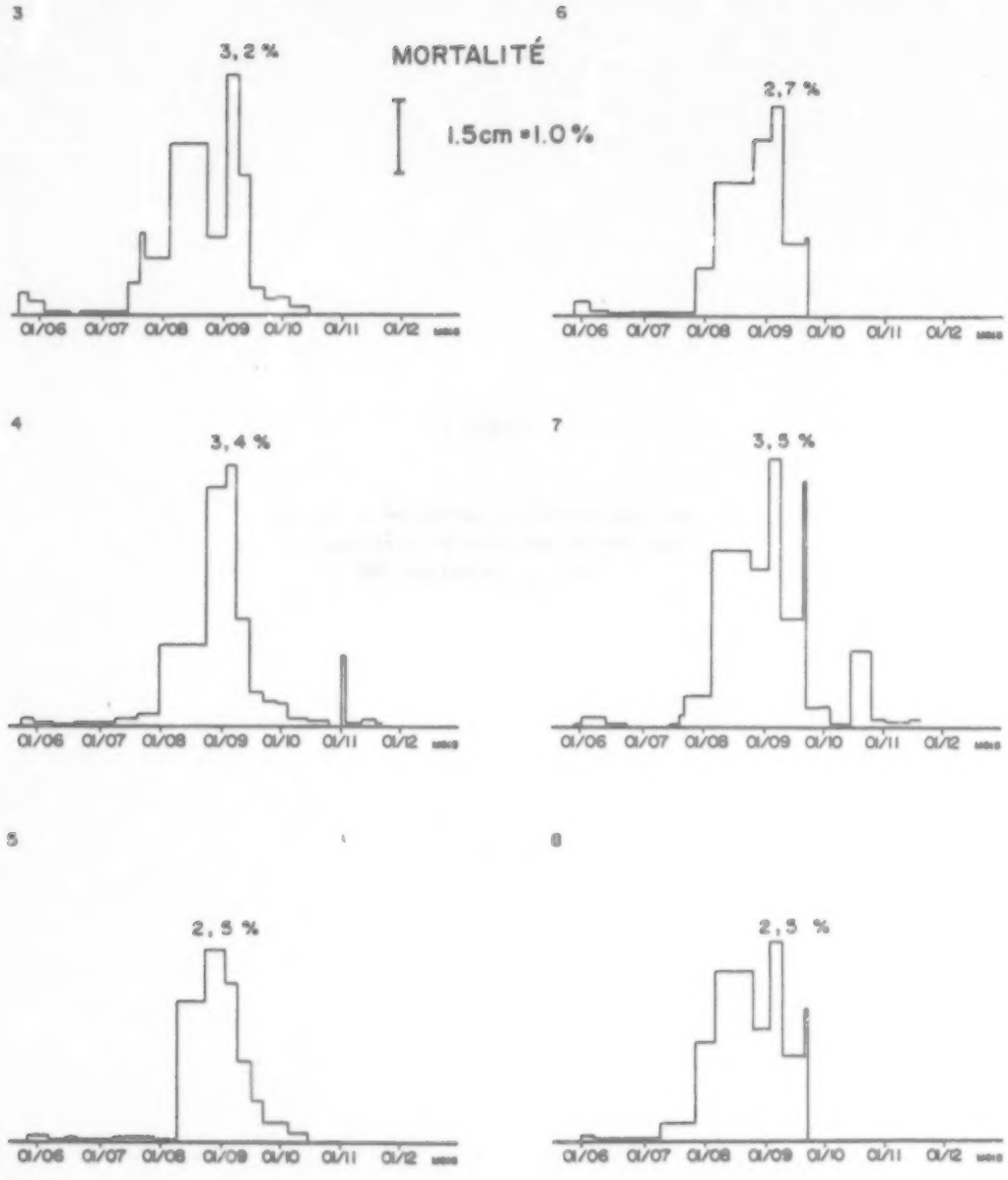
Van Olst, J.C. and J.M. Carlberg. 1978. The efects of container size and transparency on growth and survival of lobsters cultured invidually. Proc. Ann. Meet. World Maricult. Soc. 10: 469-479.

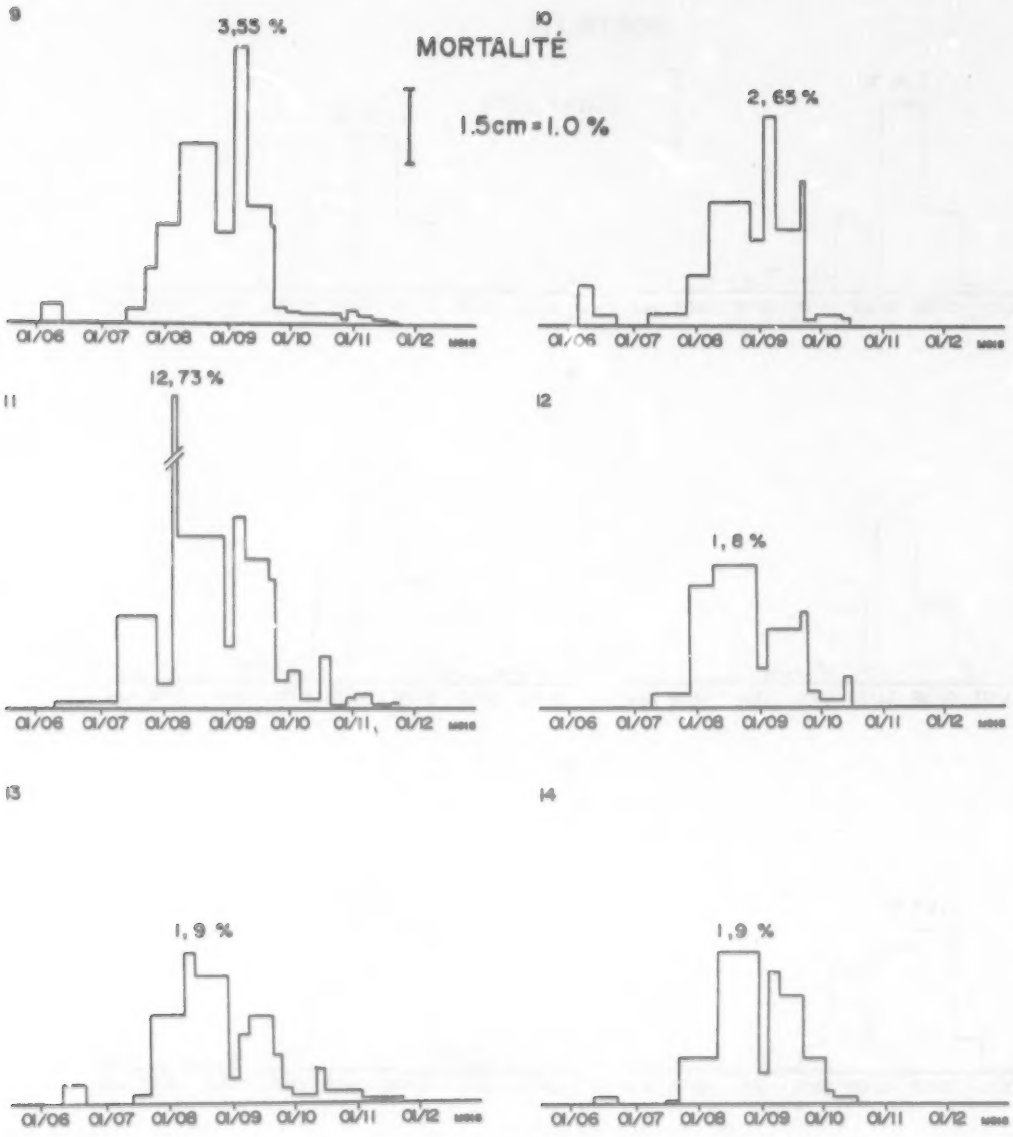
Van Olst, J.C., J.M. Carlberg and R.F. Ford. 1975. Effects of substrate type and other factors on the growth, survival and cannibalism of juvenile Homarus americanus in mass rearing systems. Proc. Ann. Meet. World Maricult. Soc. 6: 61-74.

Wildar, D.G. 1963. Movements, growth and survival of marked and tagged lobsters liberated in Egmont Bay, Prince-Edward-Island. J. Fish. Res. Bd Can. 20: 305-318.

ANNEXE I

Taux journalier de mortalité et de mue
pour chacun des modules d'élevage au
cours de la saison 1982

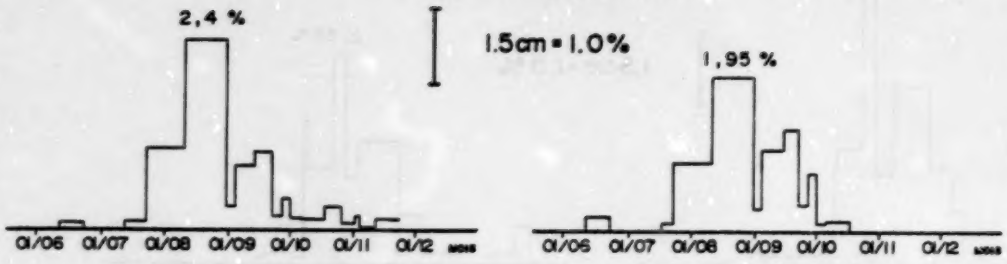

3
3,2 %
MORTALITÉ
1.5cm = 1.0 %
6
2,7 %
4
3,4 %
7
3,5 %
5
2,5 %
8
2,3 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12


9
3,55 %
MORTALITÉ
1.5cm=1.0 %
10
2, 65 %
11
12, 73 %
12
1, 8 %
13
1, 9 %
14
1,9 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12

15

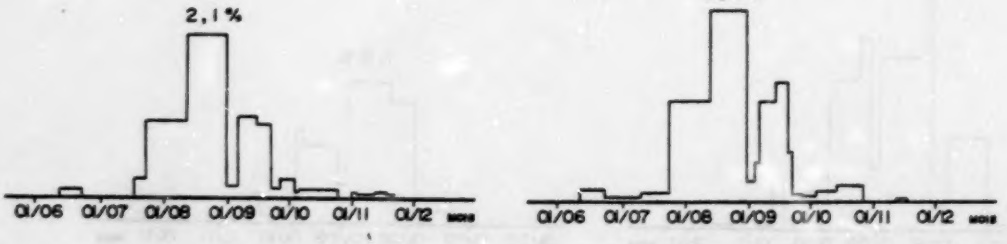
16

MORTALITÉ



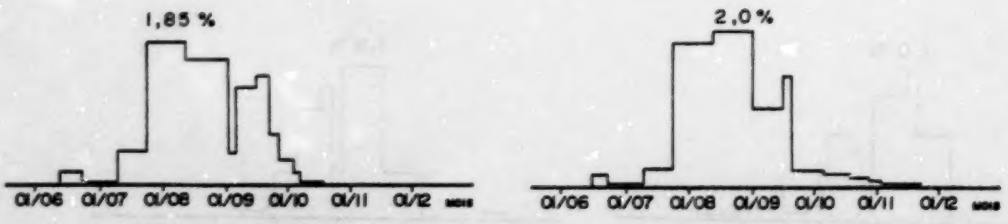
17

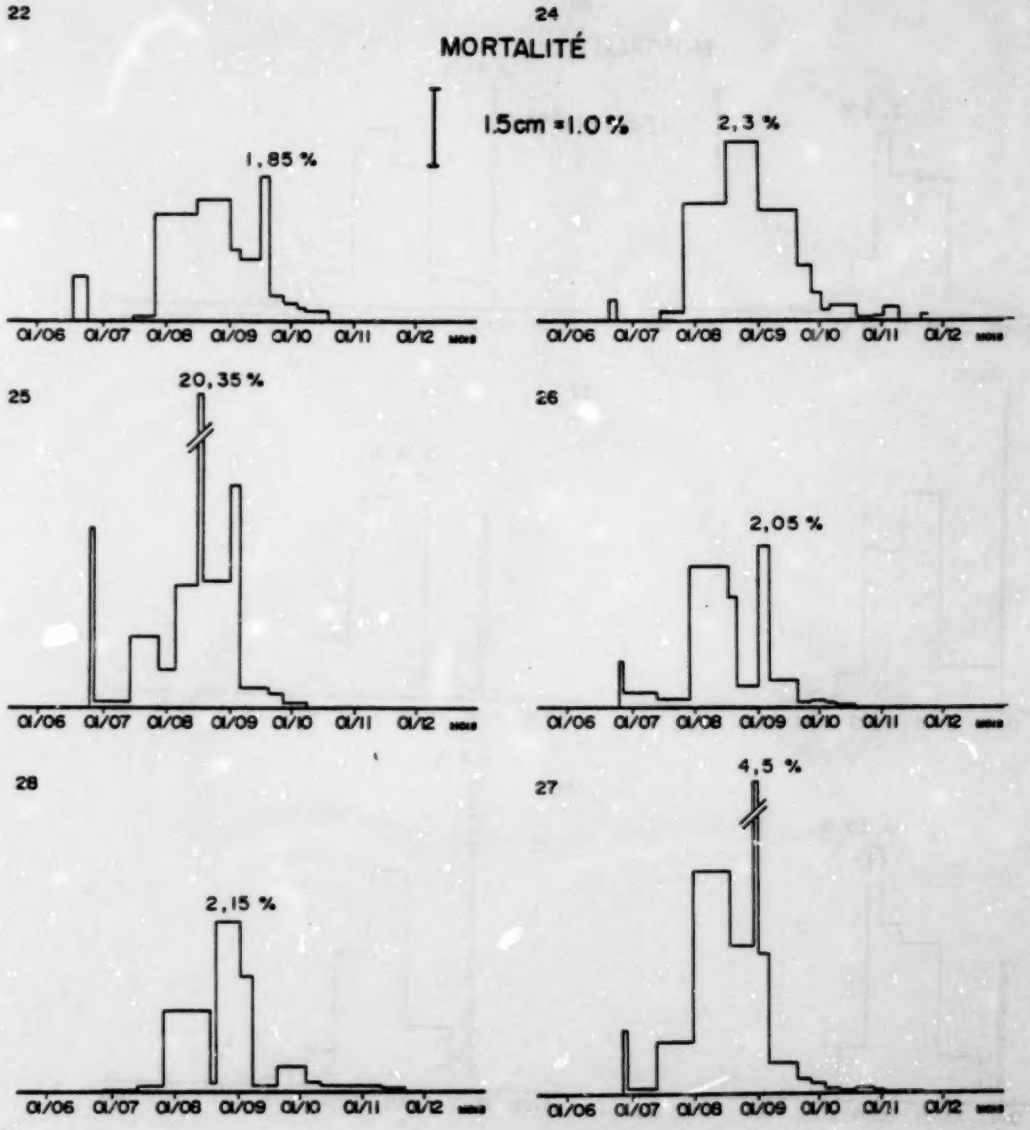
18



19

20

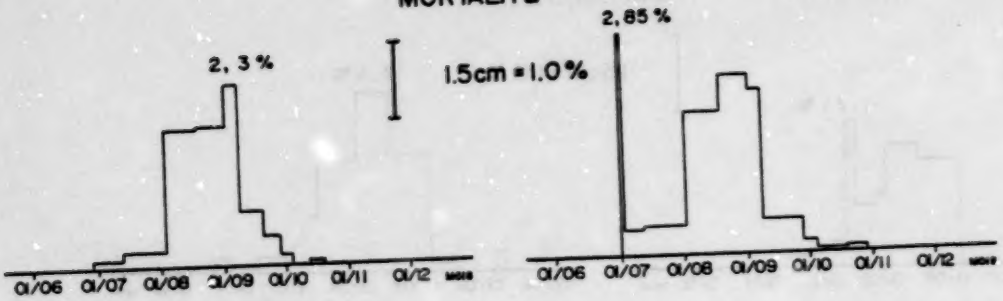



22
24
MORTALITÉ
1.5cm =1.0 %
1,85 %
2,3 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
25
20,35 %
26
2,05 %
28
2,15 %
27
4,5 %

29

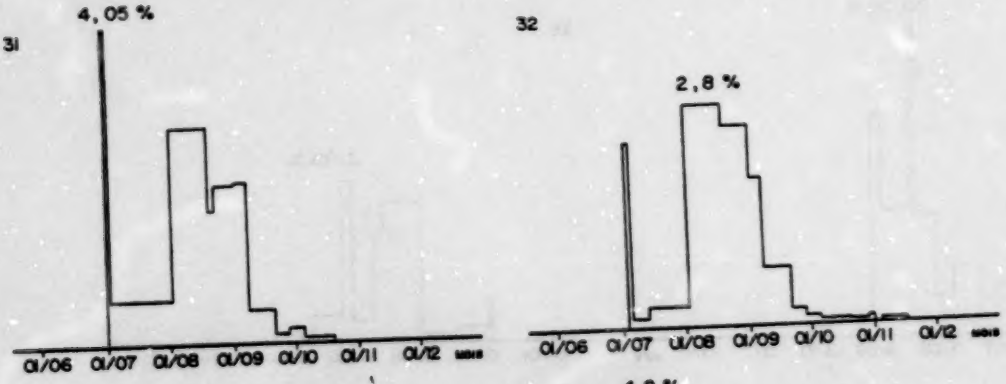
30

MORTALITÉ



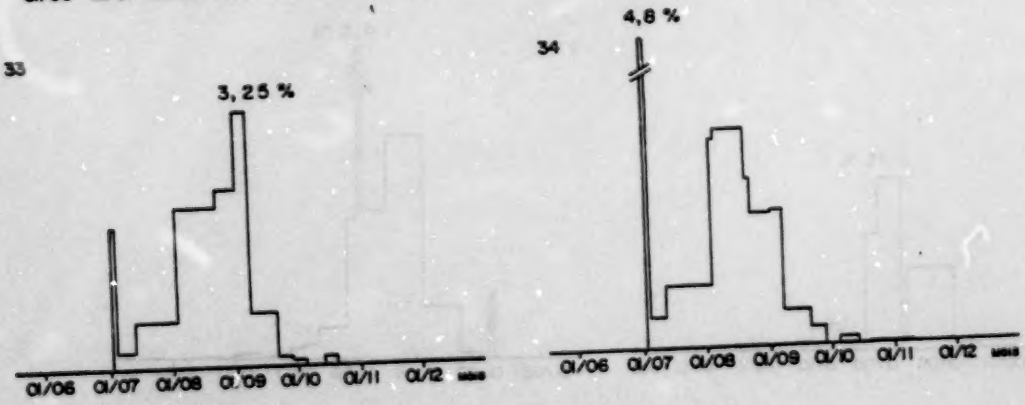
31

32



33

34

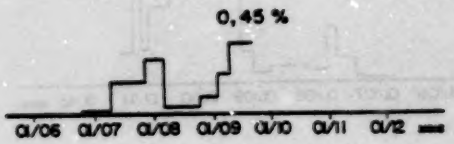


3

6

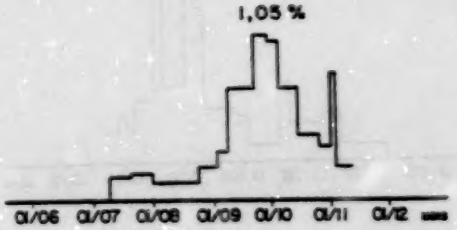
MUE

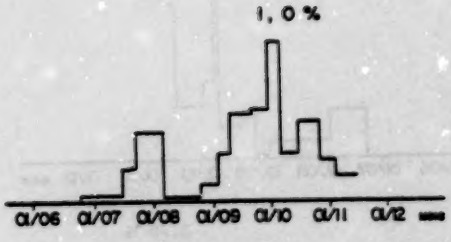
1.5cm = 0.5 %



4

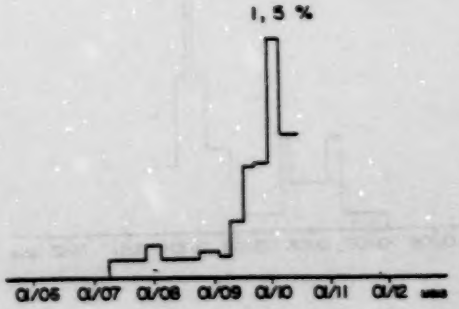
7

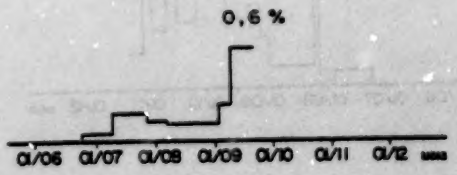


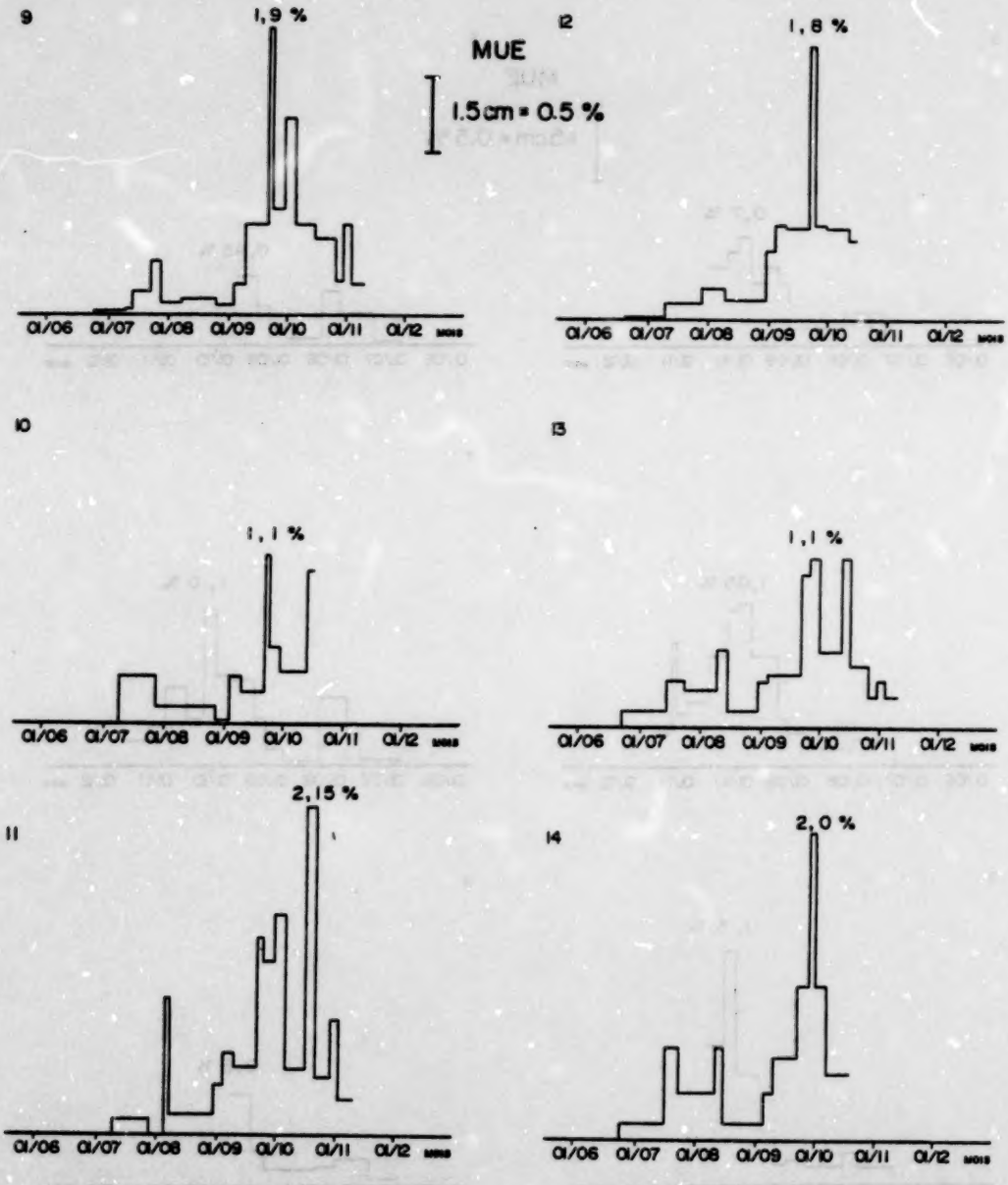


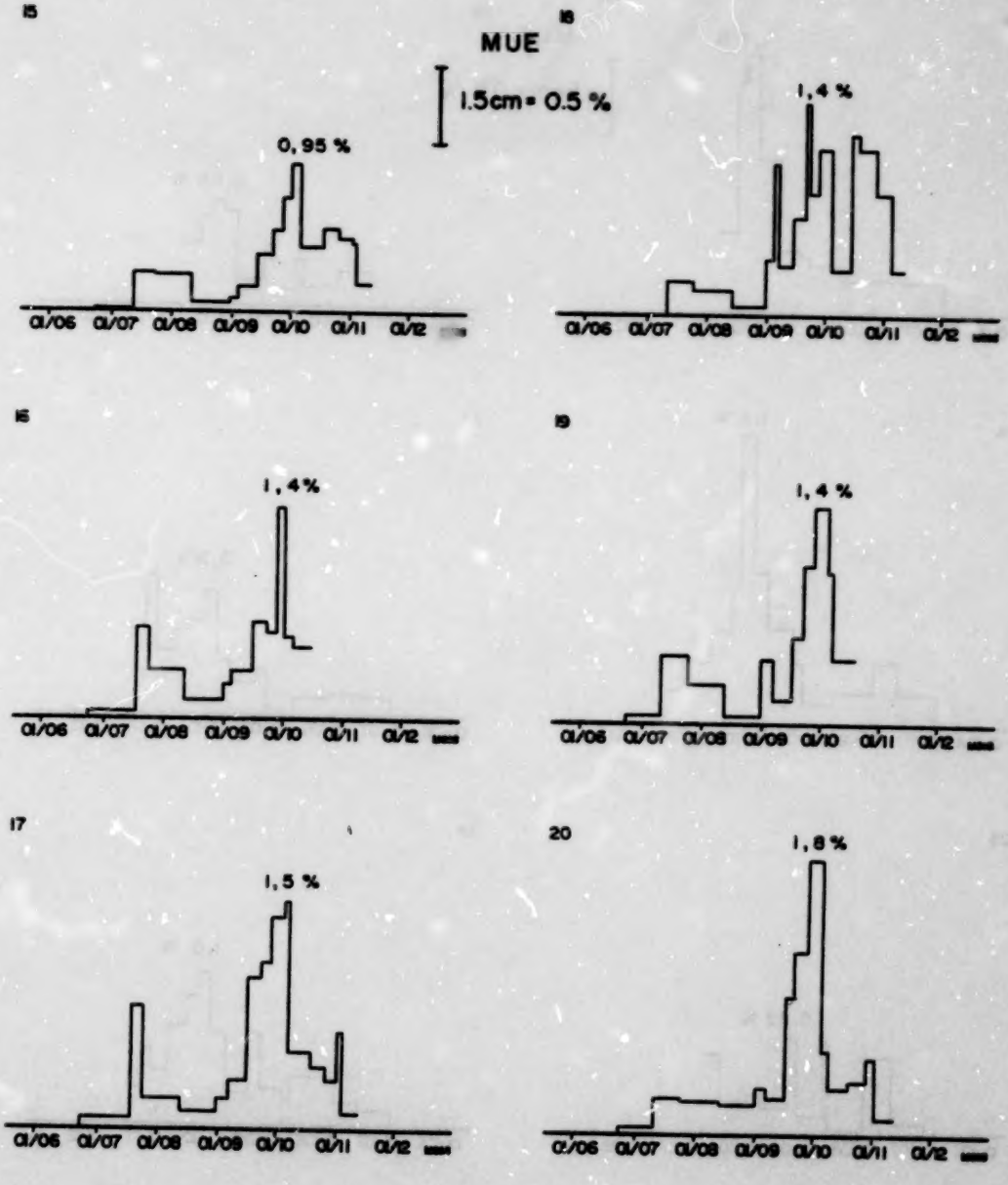
5

8

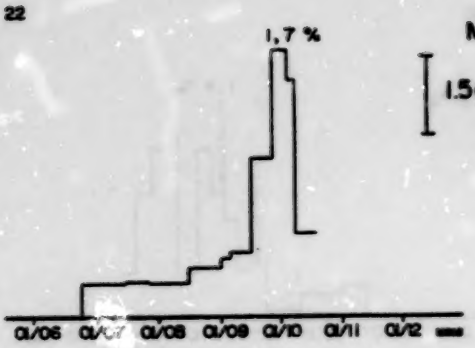




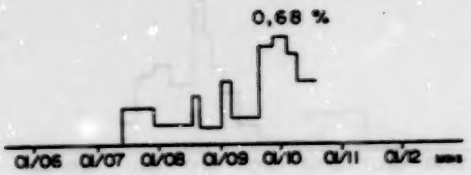

9
1,9 %
MUE
1.5cm = 0.5 %
12
1,8 %
10
1,1 %
13
1,1 %
11
2,15 %
14
2,0 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12 MOIS


15
MUE
1.5cm = 0.5 %
0,95 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
16
1,4 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
18
1,4 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
19
1,4 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
17
1,5 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
20
1,8 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12

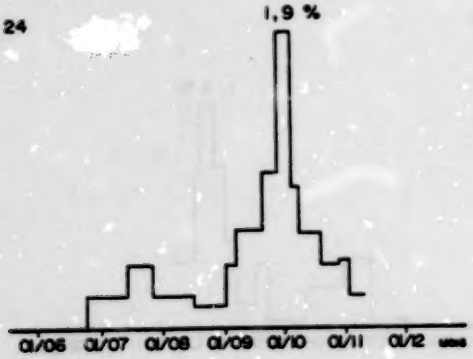
22



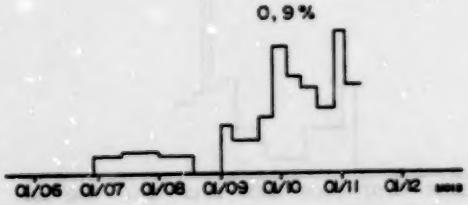
26



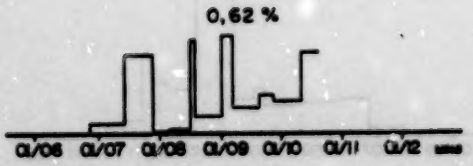
24



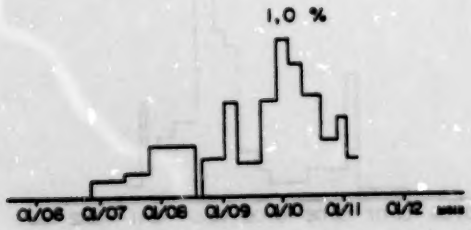
27

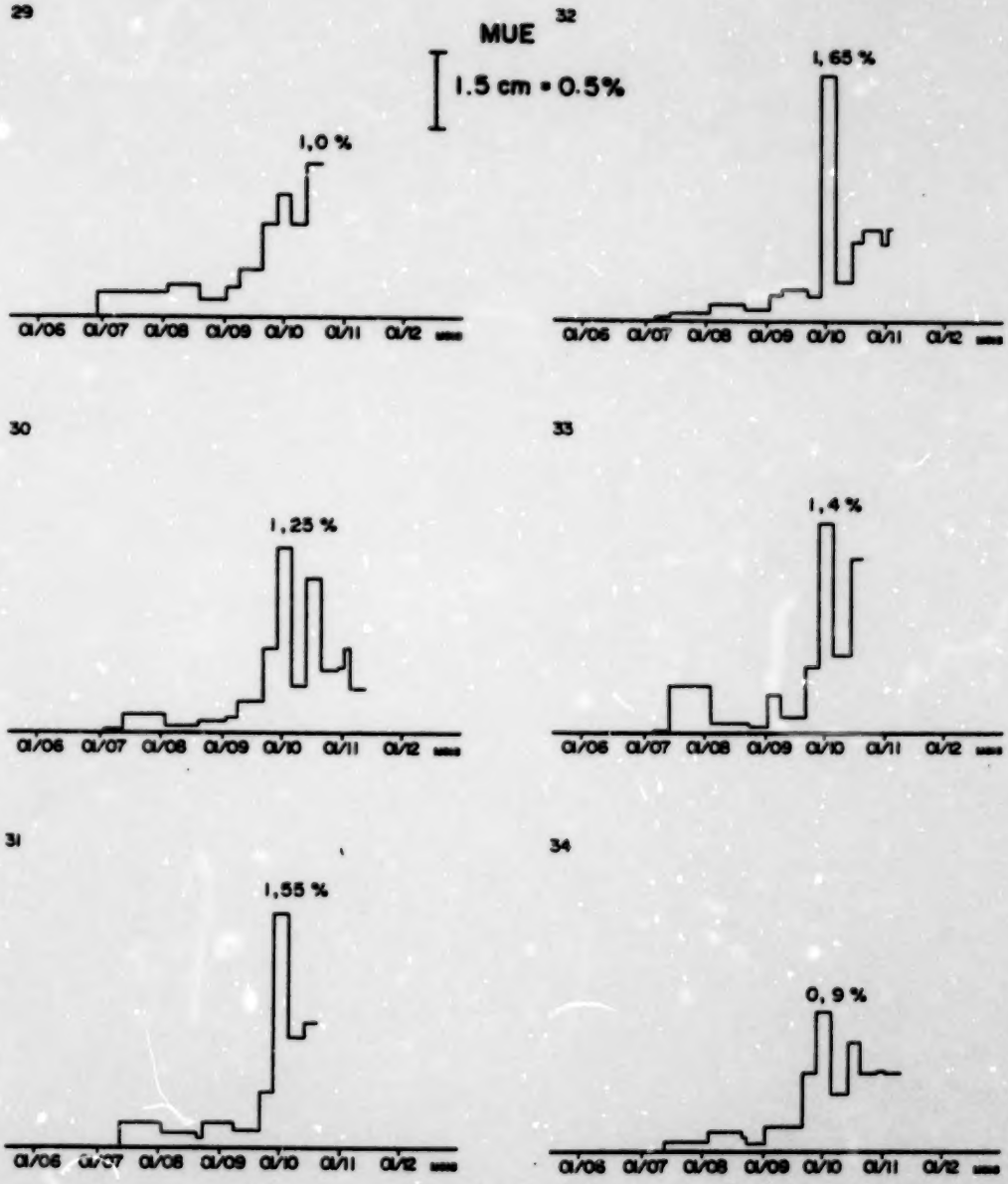


25



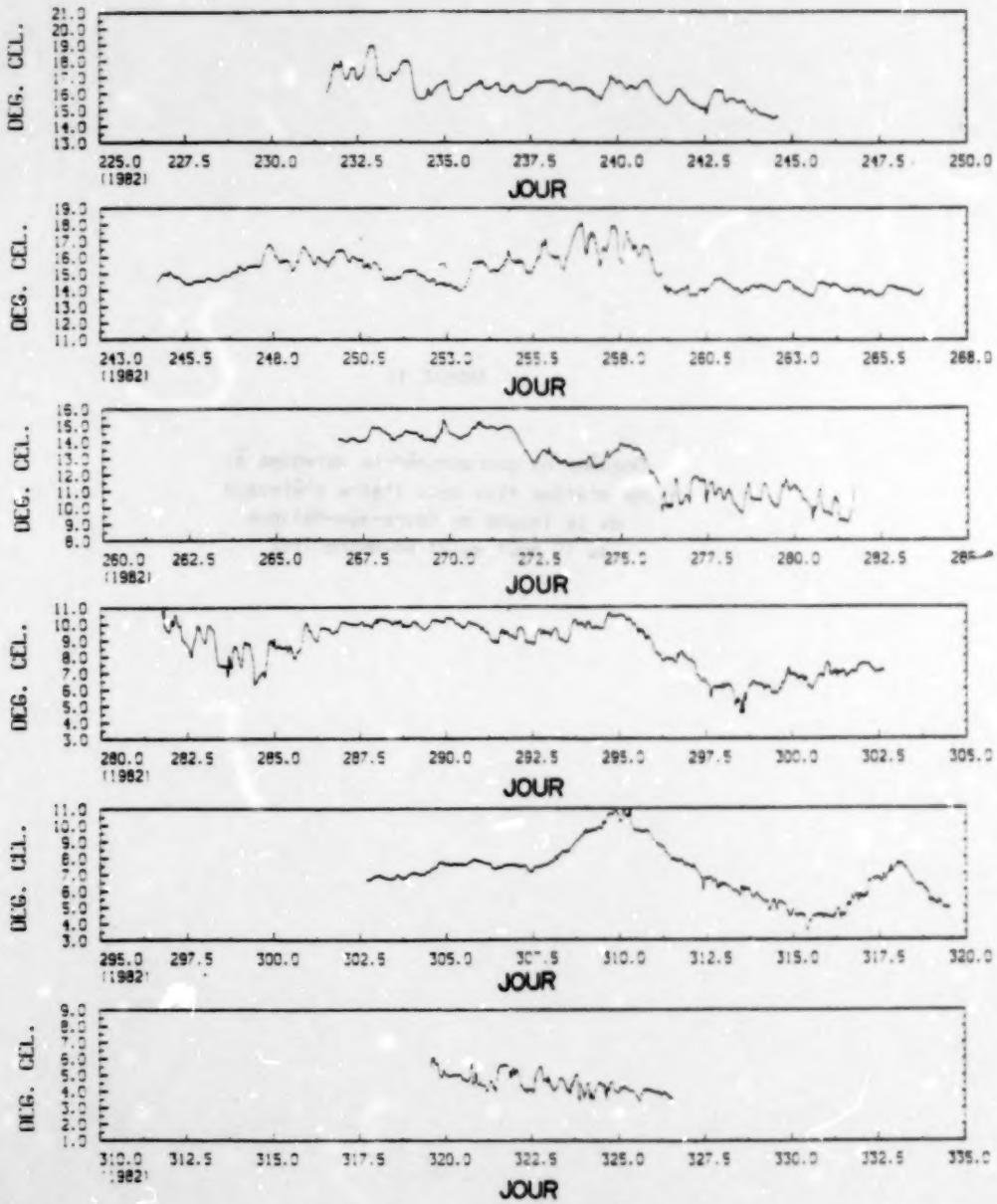
28



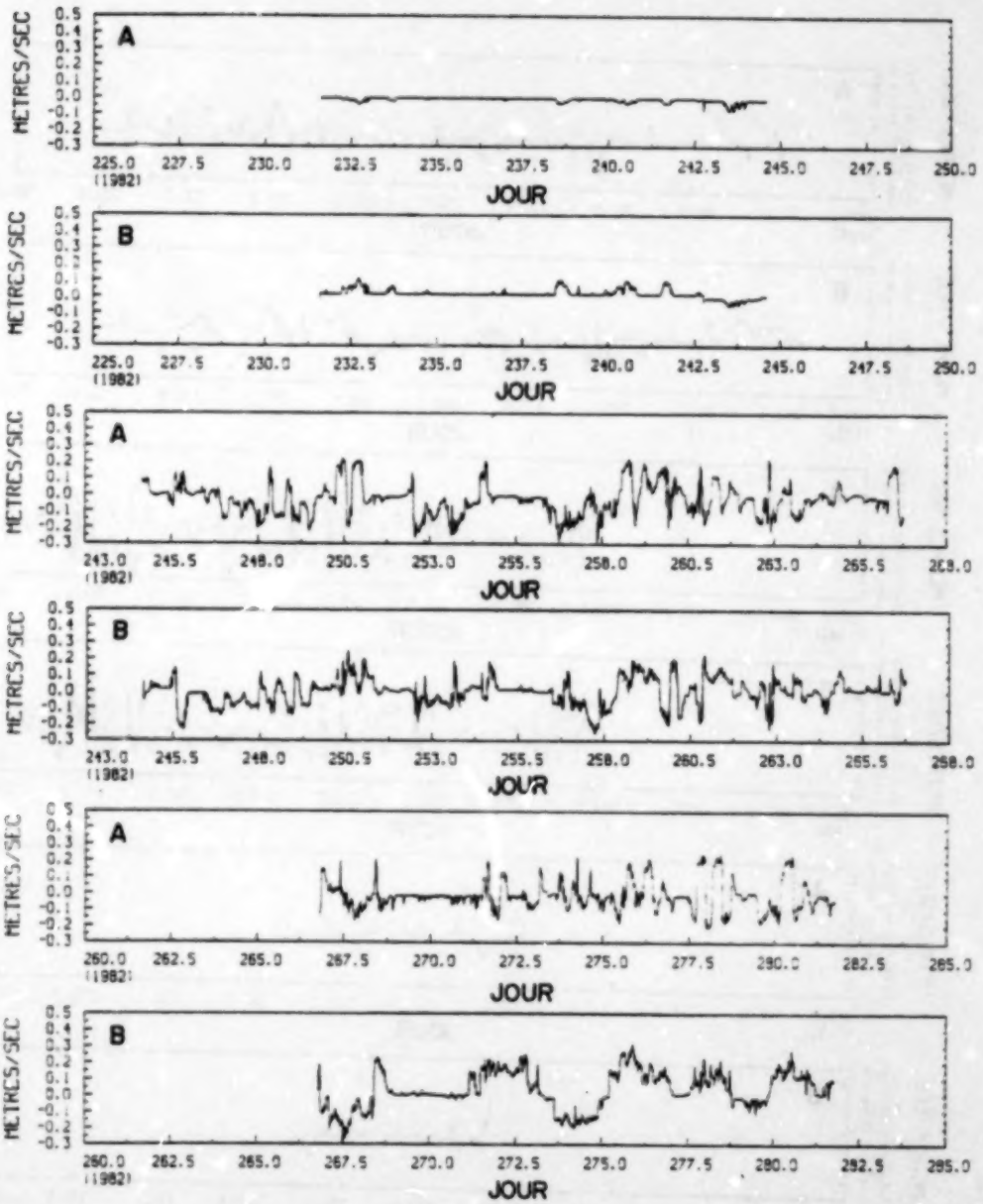

29
MUE
1.5 cm = 0.5%
1,0 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
32
1,65 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
30
1,25 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
33
1,4 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
31
1,55 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12
34
0,9 %
a/06 a/07 a/08 a/09 a/10 a/11 a/12

ANNEXE II

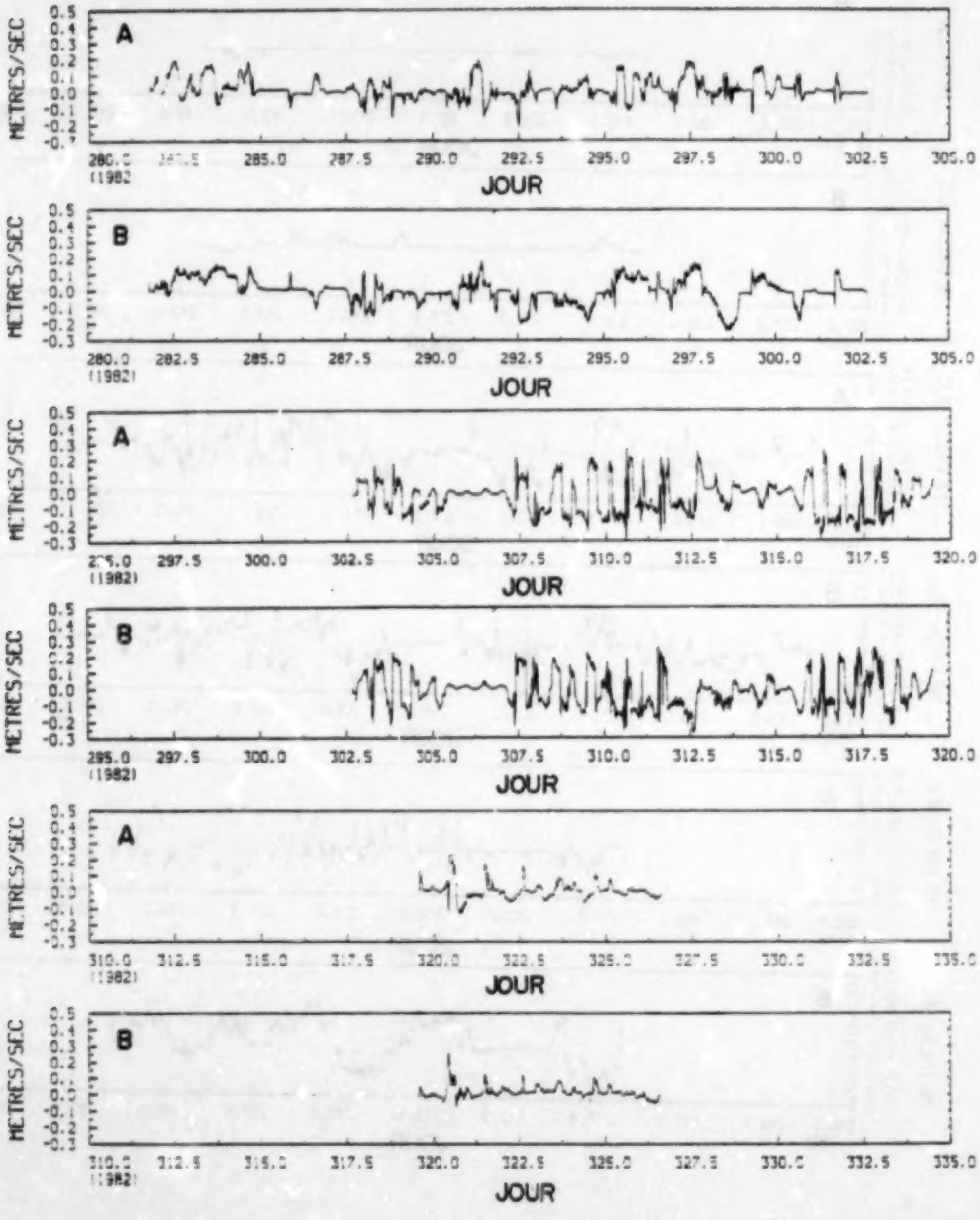
Données de courantométrie obtenues à
une station fixe dans l'aire d'élevage
de la lagune de Havre-aux-Maisons
du 19 août au 23 novembre 1982



Évolution de la température



Évolution de la composante nord-sud (A) et de la composante est-ouest (B) des courants; les composantes sont positives lorsque dirigées vers le nord (en A) ou vers l'ouest (en B)



Evolution de la vitesse des courants